

Ghid privind acțiunile de evaluare a impactului schimbărilor climatice pe direcția de adaptare la schimbările climatice asupra biodiversității, serviciilor ecosistemice și ariilor naturale protejate

- Livrabil Activitatea A.6.2 -

Proiect POCA 2014-2020: „Consolidarea capacității instituționale pentru îmbunătățirea politicilor din domeniul schimbărilor climatice și adaptarea la efectele schimbărilor climatice”




Contract de Finantare nr. 456/18.12.2019

Cod SIPOCA / MySmis: 610/127579

**Agenția Națională pentru Arii Naturale Protejate
(A.N.A.N.P.)**

Cluj-Napoca, octombrie 2022

Echipe care a elaborat prezentul Raport din partea Prestatorului M&S ECOPROIECT S.R.L.:

-  ***Sorin AVRAM***
-  ***Ana-Maria CORPADE***
-  ***Irina ONȚEL***
-  ***Anamaria ROMAN***
-  ***Tudor URSU***
-  ***Expert GIS suplimentar Ionuț PASCU***

CUPRINS

I.	INTRODUCERE	6
II.	SCOPUL GHIDULUI.....	6
	II.1 Scopul ghidului.....	6
	II.2 Domeniu de aplicare	6
II.	PROBLEMATICA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE LA NIVEL MONDIAL ȘI NAȚIONAL - CONTEXT ȘTIINȚIFIC, POLITIC, LEGISLATIV	6
	II.1 Problematika schimbărilor climatice la nivel mondial și național - context științific, politic, legislativ.....	6
	II.2 Tendințe ale secolului XX în ceea ce privește schimbările climatice	21
IV.	BIODIVERSITATE, ARII NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICII ECOSISTEMICE ÎN ROMÂNIA	31
V.	EVALUAREA IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA BIODIVERSITĂȚII, ARIILOR NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICIILOR ECOSISTEMICE ÎN ROMÂNIA	36
	V.1 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității	36
	V.1.1. Aspecte generale privind impactul schimbărilor climatice asupra biodiversității .	36
	V.1.2. Aspecte practice privind impactul schimbărilor climatice asupra biodiversității ..	41
	V.1.2.1. Metode de evaluare a vulnerabilității climatice pentru biodiversitate	42
	V.1.2.2. Metrici pentru estimarea vulnerabilității biodiversității la schimbările climatice	45
	V.1.2.3 Scopurile și obiectivele evaluării vulnerabilității biodiversității la schimbări climatice	45
	V.1.2.4. Recomandări pentru aplicarea metodelor de evaluare a vulnerabilității biodiversității.....	46
	V.1.2.5. Evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a habitatelor Natura 2000 din România.....	55
	Abordarea/justificarea abordării.....	55
	Metodologia de evaluare a vulnerabilității habitatelor	56
	1.Evaluarea gradului de expunere climatică a habitatelor	56
	2.Evaluarea sensibilității habitatelor	64
	3.Gradul de vulnerabilitate climatică a habitatelor	65
	Rezultate	66
	V.1.2.6. Evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a speciilor Natura 2000 din România.....	89
	Abordarea/justificarea abordării.....	89
	Metodologia de evaluare a vulnerabilității speciilor	90
	1.Evaluarea gradului de expunere climatică a speciilor	91

2.Evaluarea	sensibilității	speciilor	94			
3.Gradul	de	vulnerabilitate	climatică	al	speciilor	95
Rezultate						96
V.2 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra ariilor naturale protejate..						133
V.2.1 Ariile protejate și adaptarea la schimbările climatice						133
V.2.2. Etapa de pregătire a procesului de adaptare climatică						134
V.2.3 Evaluarea riscurilor și a vulnerabilității la impactul schimbărilor climatice în arii protejate						135
V.3 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra serviciilor ecosistemice						146
V.3.1. Identificarea, clasificarea serviciilor ecosistemice						146
V.3.2. Elaborarea unor propuneri de cuantificare a serviciilor ecosistemice						149
V.3.3. Aspecte teoretice privind impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor și serviciilor ecosistemice						155
V.3.4. Aspecte practice privind impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor și serviciilor ecosistemice						166
a. Modelarea vegetației potențiale: generalizare a modelelor de distribuție a speciilor						193
b. Date de intrare, modele, ssp, GCM						194
c. Modelarea claselor de acoperire/folosință a terenului						198
d. Performanța modelării						207
e. Modelarea spațială a serviciilor ecosistemice						221
f. Detectarea schimbărilor						245
VI. STRATEGII PENTRU ATENUAREA IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ÎN DOMENIILE BIODIVERSITĂȚII, ARIILOR NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICIILOR ECOSISTEMICE						265
VI.1 Strategii pentru atenuarea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității, ariilor naturale protejate și serviciilor ecosistemice						265
VI.1.1 Identificarea strategiilor și a măsurilor de management adaptativ						265
VI.1.2 Analiza opțiunilor și strategiilor de adaptare climatică prin asigurarea conectivității ariilor protejate la nivel de rețele ecologice funcționale						275
VI.1.3 Implementarea și monitorizarea opțiunilor de adaptare climatică						287
VI.2. Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul ariilor naturale protejate, biodiversității și serviciilor ecosistemice						288
a. Tipuri de baze de date existente la nivel internațional						293
b. Tipuri de baze de date existente la nivel național						297
A. Interogări						311
B. Seturi de date						311
C: Modelul de date						313

VI.2.1 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul ariilor naturale protejate	316
VI.2.2 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul biodiversității	321
VI.2.3 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul serviciilor ecosistemice	325
VII. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	328
Recomandări pentru managementul adaptativ al biodiversității, ariilor protejate și ecosistemelor:	329
VIII. BIBLIOGRAFIE	330

I. INTRODUCERE

Prezentul raport a fost elaborat în cadrul contractului 7905 / 23.12.2021 - „Servicii consultanță și expertiză pentru elaborarea Ghidului privind acțiunile de evaluare a impactului schimbărilor climatice pe direcția de adaptare la efectele schimbărilor climatice asupra biodiversității, serviciilor ecosistemice și ariilor naturale protejate”, în cadrul proiectului „Consolidarea capacității instituționale pentru îmbunătățirea politicilor din domeniul schimbărilor climatice și adaptarea la efectele schimbărilor climatice” - cod SMIS/SIPOCA 127579/610, Prestator M&S ECOPROIECT S.R.L. Conform contractului, până la data de 21.03.2022 trebuie predat Raportul final, respectiv Ghidul privind acțiunile de evaluare a impactului schimbărilor climatice pe direcția de adaptare la schimbările climatice asupra biodiversității, serviciilor ecosistemice și ariilor naturale protejate.

Informațiile sunt prezentate în funcție de capitolele din structura ghidului propusă în cadrul Raportului Inițial.

II. SCOPUL GHIDULUI

II.1 Scopul ghidului

Ghidul de față are scopul de a oferi informații cu privire la impactul schimbărilor climatice asupra biodiversității, ariilor naturale protejate și serviciilor ecosistemice și de a oferi suport pentru deciziile cu privire la prioritizarea măsurilor care să conducă la adaptarea la schimbările climatice în aceste domenii.

II.2 Domeniu de aplicare

Ghidul se adresează instituțiilor din domeniul protecției mediului, în primul rând, responsabili de elaborarea strategiilor în domeniul protecției biodiversității, ariilor naturale protejate și ecosistemelor, administratorilor de arii naturale protejate, precum și tuturor celor interesați de aceste subiecte (universități, organizații non-guvernamentale, administrații publice locale sau județene etc.).

II. PROBLEMATICA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE LA NIVEL MONDIAL ȘI NAȚIONAL - CONTEXT ȘTIINȚIFIC, POLITIC, LEGISLATIV

II.1 Problematika schimbărilor climatice la nivel mondial și național - context științific, politic, legislativ

Context științific

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) este un organism internațional înființat în 1988 de către Organizația Meteorologică Mondială (OMM) și Programul Națiunilor Unite pentru Mediu (UNEP), pentru a oferi factorilor de decizie politici evaluări regulate ale bazei științifice ale schimbărilor climatice, impactul și riscurile viitoare ale acestora, precum și opțiuni de adaptare și atenuare (IPCC 2021). În prezent, are în componență 195 de state, printre care și România. De la înființare au fost realizate cinci rapoarte referitoare la schimbările climatice, iar al șasele este în lucru urmând a fi finalizat în 2022.

Conform raportului 5 IPCC (IPCC 2014), în perioada 1983-2012 s-au înregistrat cu o foarte mare probabilitate 30 dintre cei mai călduroși ani din ultimii 800 de ani din emisfera nordică. În timp ce, media temperaturii aerului la nivel global a crescut cu 1,44°C din perioada preindustrială (1850-1900) până în prezent (1999-2018), (IPCC 2019).

În 2015, a fost semnat Acordul de la Paris (COP21 2015). Acesta are ca obiectiv neutralitatea climatică până în 2050, pentru limitarea creșterii temperaturii globale sub 2°C, de preferat sub 1,5°C față de perioada preindustrială. Astfel, UE își propune ca până la nivelul anului 2030 să reducă emisiile interne de gaze cu efect de seră cu cel puțin 55% față de 1990. Anterior, în 2008, liderii UE au convenit că până în 2020 UE își va reduce emisiile de gaze cu efect de seră cu 20% față de nivelul din 1990, obiectivul fiind îndeplinit cu 3 ani mai devreme (Consiliul European 2021).

Schimbări climatice observate în România

Analiza schimbărilor climatice în România a fost realizată cu precădere în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie (ANM) pe baza datelor înregistrate la stațiile meteorologice din rețeaua națională în perioada 1961-2020. Totuși, din rețeaua națională de meteorologie fac parte stații cu înregistrări istorice începând din 1901. Conform acestor înregistrări, temperatura medie anuală a aerului în România a crescut cu peste 1°C în perioada 1901-2020 (CNSU 2020). Există însă o variabilitate spațială a tendințelor climatice extreme la nivelul României. În regiunea Carpatică (care cuprinde atât munții Carpați cât și dealurile și podișurile adiacente), această variabilitate este legată în principal de altitudine și de influențele vestice (modelul anual al Atlanticului de est), (Birsan et al. 2014), în timp ce în restul țării de influențele estice și mediteraneene (ANM 2008).

Studii recente (Bojariu et al. 2021), utilizând date de la 113 stații din perioada 1961-2020, au evidențiat tendințe de creștere a temperaturii medii a aerului semnificative statistic pentru pragurile de 0,01 vara, 0,05 iarna, 0,1 primăvara și toamna conform testului Mann-Kendall. Vara creșterile sunt cuprinse între 0,3 și 0,6°C/deceniu la majoritatea stațiilor, în timp ce iarna valorile sunt ușor mai mici (0,2-0,5°C/deceniu la majoritatea stațiilor) excepție fac stațiile din nord-estul României unde valorile depășesc 0,5°C/deceniu. În anotimpurile de tranziție creșterile sunt mai mici (0,1-0,3°C/deceniu toamna și 0,2-0,5°C/deceniu primăvara). În perioada 1961-2013, tendințele temperaturii aerului au fost semnificative statistic în anotimpurile de primăvară și vară la toate stațiile din România, iarna creșterile au fost semnificative statistic în partea central-sudică și nord-estică, iar toamna creșterile au fost lipsite de semnificație statistică (Dumitrescu et al. 2015).

Studii regionale, au raportat de asemenea creșteri considerabile ale temperaturii medii a aerului în ultimile decenii. În zona montană în perioada 1961-2010, s-a observat o încălzire anuală și anotimpuală a aerului, această încălzire fiind mai pronunțată la altitudini sub 1000-1200 m (Micu et al. 2021). De asemenea, au fost observate creșteri ale temperaturii maxime și

minime a aerului în cea mai mare parte a Munților Carpați. Creșterile au fost semnificative statistic pentru temperaturile maxime și mai puțin pentru cele minime, în special pentru anotimpurile de iarnă, primăvară și vară (Micu et al. 2015). În Câmpia Olteniei creșterea temperaturii medii anuale a aerului în decada 2001-2010 a fost de peste $0,8^{\circ}\text{C}$ față de perioada 1961-1990 (Vlăduț 2013), iar tendințele pentru lunile de vară în perioada 1961-2010, au fost de creștere semnificativă statistic pentru pragurile de 0,001 (în iulie) și 0,01 (în iunie și august) la majoritatea stațiilor meteorologice analizate (Vladut and Ontel 2013; Pravalie 2014).

Creșterea temperaturii aerului și a duratei de strălucire a soarelui determină creșterea evapotranspirației. În perioada 1961-2007, au fost înregistrate creșteri ale evapotranspirației medii la nivelul țării cu aproximativ 7 mm/deceniu, cu variații de la o regiune la alta cuprinse între -15,5 și 24,7 mm/deceniu (Croitoru et al. 2013).

De asemenea, s-a observat o creștere a numărului de zile caniculare ($T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$) și nopți tropicale ($T_{\min} < 20^{\circ}\text{C}$) preponderent în zonele de câmpie din sudul și vestul României în perioada 1991-2020 comparativ cu perioada 1961-1991 (Bojariu et al. 2021) și o scădere a numărului de zile de îngheț (temperatura minimă $< 0^{\circ}\text{C}$) în perioada 1961-2013 în nord, est, sud și sud-est, dar și în unele zone din Munții Apuseni (Bojariu et al. 2015; Birsan et al. 2019).

Valurile de căldură (minim 2 zile consecutive cu temperaturi $\geq 37^{\circ}\text{C}$), au tendință semnificativă de creștere în special în zonele de câmpie din sudul și vestul țării, în timp ce valurile de frig au tendințe semnificative de scădere (Bojariu et al. 2015). Analizând perioada 1961-2015, cele mai intense și frecvente valuri de căldură s-au petrecut în anii 1994, 2007, 2012 și 2015 (Dima et al. 2016). De asemenea, au fost observate creșteri semnificative ale valurilor de căldură în intervalul mai-septembrie (Croitoru et al. 2016).

Cantitățile de precipitații în România nu prezintă schimbări semnificative în perioada 1961-2020, excepție făcând unele regiuni în anotimpul de toamnă. Cu toate acestea, au fost observate creșteri ale cantităților maxime anotimpuale (iarna și vara), (Bojariu et al. 2015) sub formă de precipitații torențiale (Busuioc et al. 2016). Totuși, conform unor studii realizate pentru perioada 1961-2015, precipitațiile cresc din punct de vedere al duratei, frecvenței și al cantității în regiunile nord-vestice și sudice, primăvara și toamna (Croitoru et al. 2018).

La nivel regional, o scădere a cantităților anuale și anotimpuale de precipitații s-a observat în perioada 1961-2010 în vestul Podișului Getic și al Subcarpaților Getici, scăderea fiind însă semnificativă statistic pentru pragul de 0,01, vara (Vlăduț and Ontel 2014). În Câmpia Olteniei, s-a observat faptul că abaterile pozitive ale cantităților de precipitații sunt urmate de abateri predominant negative pe intervale de circa 20 ani, tendința generală fiind staționară (Vlăduț 2013). În zona montană, în perioada 1961-2010, doar la câteva stații meteorologice s-au observat creșteri ale precipitațiilor maxime zilnice, la toate celelalte observându-se o staționaritate (Micu et al. 2015).

Grosimea stratului de zăpadă la altitudini de sub 800 m are o tendință de scădere în special în luna februarie (0,5 cm/deceniu) și de creștere în lunile octombrie și noiembrie dar lipsite de semnificație statistică. Pe de altă parte, grosimea medie a stratului de zăpadă la altitudini de peste 800 m este de creștere, excepție făcând luna februarie în care grosimea stratului este staționară (Bojariu et al. 2021). De asemenea, numărul de zile cu strat de zăpadă este în scădere semnificativă, centrul și vestul țării cât și Podișul Modovei fiind cele mai afectate areale (Bojariu et al. 2015).

Unul dintre fenomenele climatice cu impact direct asupra vegetației este seceta. Conform indicelui Palmer, în perioada 1961-2010, tendința este de intensificare a fenomenelor

de secetă (cu mai mult de 2 unități) în partea sudică și sud-estică a României și de scădere în jumătatea nord-vestică dar și în sudul Dobrogei (Bojariu et al. 2015). Conform rezultatelor unor studii, aceste zone din sud-vestul și sud-estul României, inclusiv Dobrogea sunt în curs de aridizare (Prvălie 2013) și degradare (Prvălie et al. 2020). De asemenea, deficitul de apă din aceste zone tinde să se amplifice semnificativ (Prvălie et al. 2019).

Scenarii climatice în România și Europa

Tendențele viitoare ale climei în România sunt analizate în cadrul ANM (ANM 2021; Bojariu et al. 2021) pe baza modelelor climatice globale din programele CMIP 3, 5 și 6 (WCRP 2021) și a modelelor regionale din cadrul programului EURO-CORDEX (WCRP 2021). Modelele globale sunt raportate la perioada de referință 1961-1990, iar cele regionale sunt raportate la perioada 1971-2000. De asemenea, pentru modelele globale este necesar ca datele climatice să fie interpolate la rezoluția de 1° pentru a fi unitare, în schimb cele din programul EURO-CORDEX sunt la rezoluția standard de $0,11^\circ$. Aceste scenarii au în principal ca orizont de timp 2021-2050 și 2071-2100 (Bojariu et al. 2021). Aceste intervale pot fi modificate în funcție de perioada de interes. Simulările EURO-CORDEX se bazează pe scenarii cu privire la emisiile gazelor cu efect de seră (Representative Concentration Pathways, RCPs): în primul scenariu (RCP4.5) emisiile (forțajul radiativ) se stabilizează după secolul 21 la $4,5 \text{ W/m}^2$, în al doilea scenariu (RCP8.5) emisiile depășesc $8,5 \text{ W/m}^2$ la sfârșitul secolului 21 și în al treilea scenariu (RCP2.6, denumit și RCP3-PD) creșterea emisiilor în secolul 21 atinge vârful de $3,0 \text{ W/m}^2$ și fiind urmate de scăderea acestora ulterioară (WCRP 2021).

Scenariile EURO-CORDEX la nivelul României arată creșteri ale temperaturii medii a aerului în special vara și iarna. Vara (Fig 1), cele mai mari creșteri prognozate sunt în sudul țării, scăzând treptat spre nord, iar iarna (Fig 2), creșterile sunt mai mari în nord-est și în zona montană (Bojariu et al. 2021). De asemenea, modelele globale indică o creștere a temperaturii medii a aerului de peste 3°C în luna august pentru perioada 2021-2050 la nivelul României (SSP5 RCP 8.5), iar modelele regionale indică o creștere de peste $2,5^\circ \text{C}$.

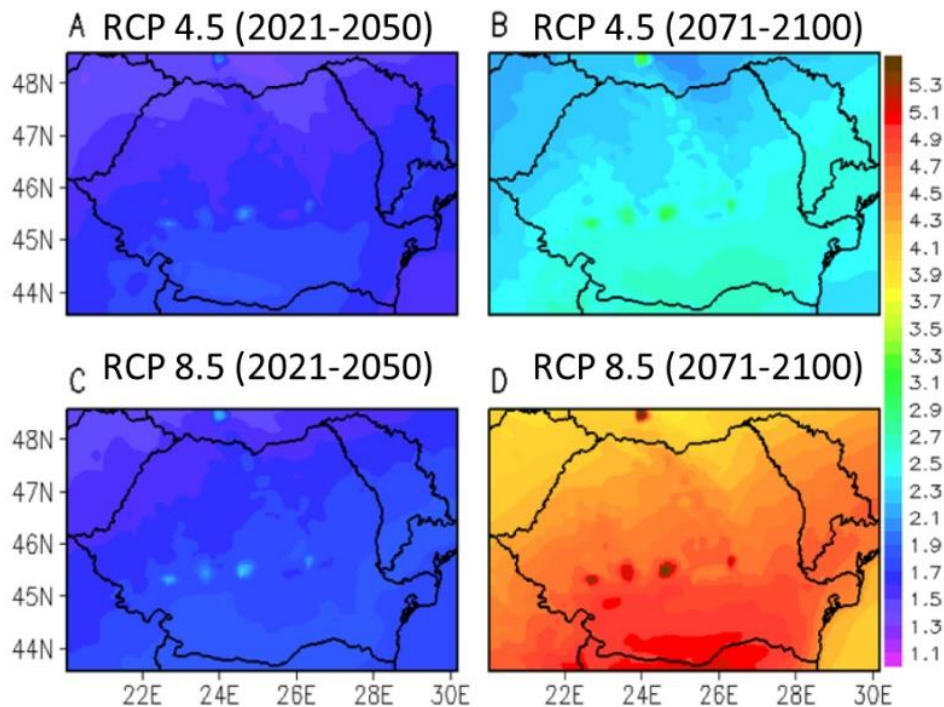


Figura 1. Schimbarea în valorile medii de vară ale temperaturii aerului (în °C) calculate din rezultatele modelelor EURO-CORDEX, în condițiile scenariilor RCP 4.5(A și B) și RCP 8.5 (C și D), pentru 2021- 2050 vs. 1971-2000 (A și C) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (B și D) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

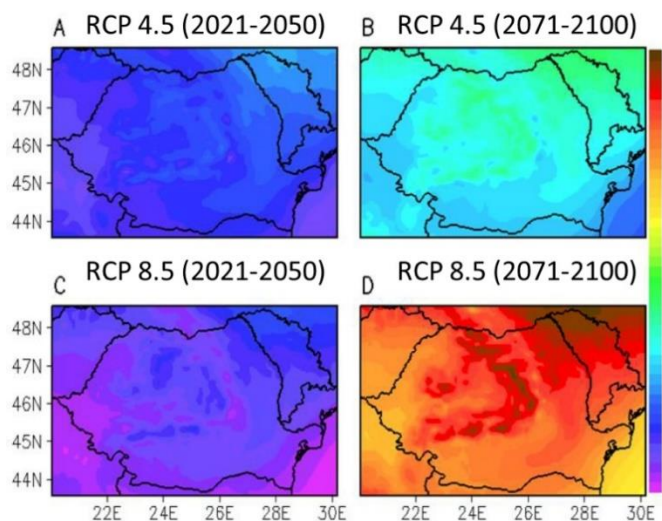


Figura 2. Schimbarea în valorile medii de iarnă ale temperaturii aerului (în °C) calculate din rezultatele modelelor EURO-CORDEX în condițiile scenariilor RCP 4.5(A și B) și RCP 8.5 (C și D), pentru 2021- 2050 vs. 1971-2000 (A și C) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (B și D) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

La nivel anual, în Europa se estimează pentru perioada 2081-2100 conform scenariului SSP5-8.5 o creștere a temperaturii medii anuale a aerului între 5 și 6 °C pe suprafețe extinse din centru, sud și nord și de peste 6 °C în partea estică și nord-estică (Fig. 3). În timp ce, conform scenariului SSP1-2.6 creșterea este mai redusă, fiind cuprinsă între 2 și 3 °C în jumătatea estică a Europei și de 1-2 °C în jumătatea vestică.

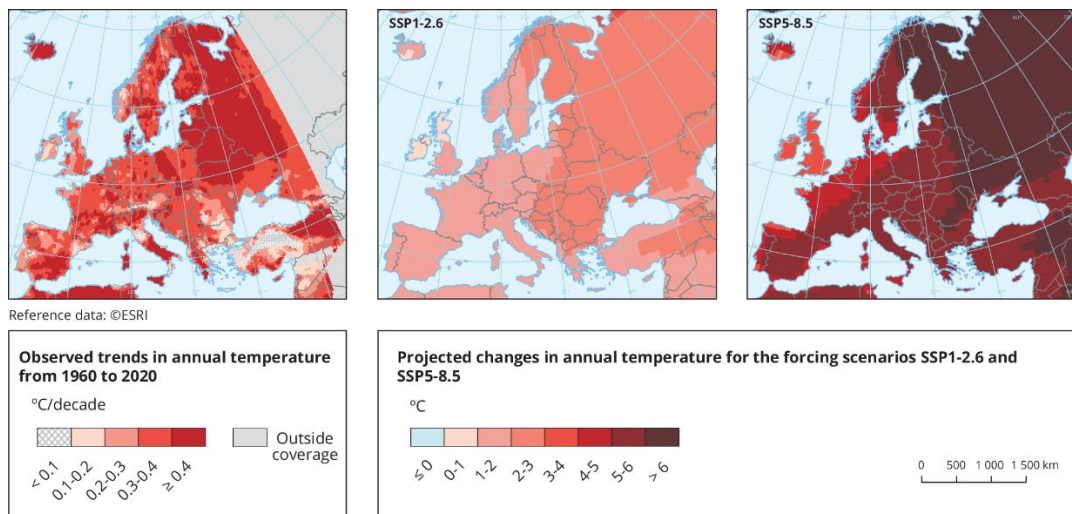


Figura 3. Panoul din stânga: modificarea medie anuală observată a temperaturii din 1960 până în 2020 calculată din setul de date E-OBS. Panourile din dreapta: - Harta din stânga: Schimbarea temperaturii proiectată între perioada de referință OMM 1981-2010 și sfârșitul secolului XXI (perioada 2081-2100) în scenariul SSP1-2.6. - Harta din dreapta: modificarea temperaturii proiectată între perioada de referință OMM 1981-2010 și sfârșitul secolului XXI (perioada 2081-2100) în scenariul SSP5-8.5. (EEA 2021a)

Conform scenariilor regionale, cantitățile medii de precipitații vor scădea cu până la 30% vara în perioada 2071-2100 (RCP 8.5), în special în partea sud-estică a României (Fig. 4). Această scădere este estimată pentru cea mai mare parte a Europei de sud-est (Fig 5). Totuși, pentru perioada 2021-2050, același scenariu estimează o ușoară creștere a cantităților de precipitații (6%). Iarna, cantitățile de precipitații vor crește în perioada 2071-2100 față de perioada 1971-2000 cu peste 36% în zona montană, în special în cea a Apusenilor și a Carpaților Orientali conform scenariului RCP 8.5 (Fig 6). Conform acestui scenariu, cerșteri ale cantităților de precipitații se vor înregistra pe tot teritoriul României, mai mari fiind în jumătatea vestică și mai mici în cea sud-estică. Creșteri ale cantităților de precipitații sunt estimate și prin modelul RPC 4.5 dar cu valori mai reduse.

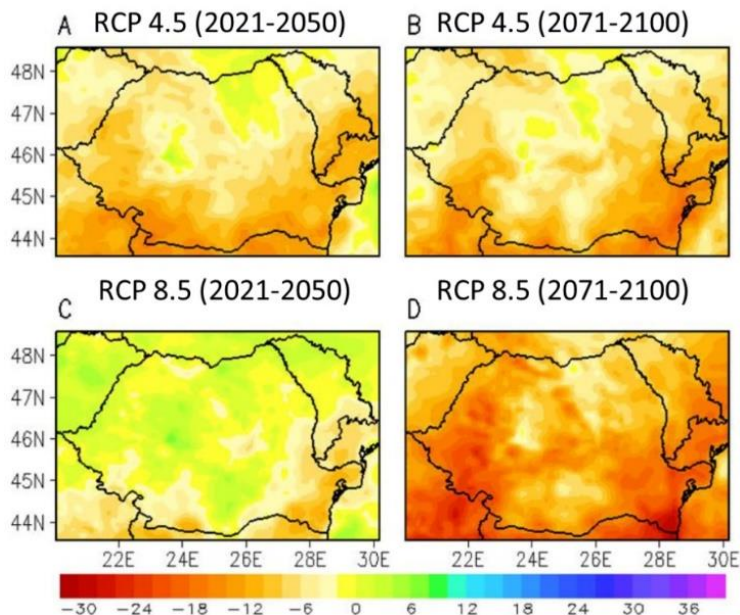


Figura 4. Schimbarea în valorile medii de vară ale cantității de precipitații (în %) calculate din rezultatele modelelor climatice regionale EURO-CORDEX în condițiile scenariilor de concentrație RCP 4.5 (A și B) și RCP 8.5 (C și D), pentru 2021- 2050 vs. 1971-2000 (A și C) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (B și D) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

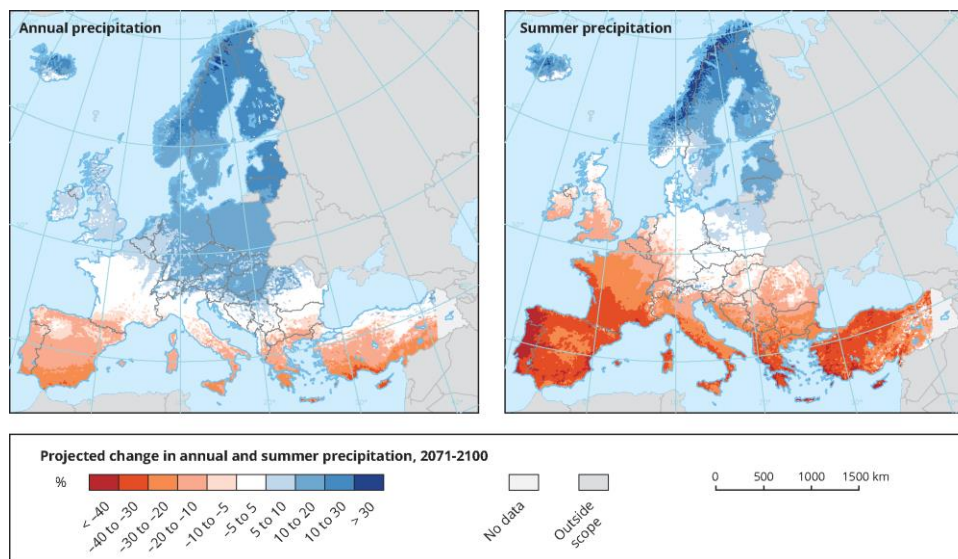


Fig. 5 Modificări proiectate ale precipitațiilor anuale (stânga) și de vară (dreapta) (%) în perioada 2071-2100 față de perioada de referință 1971-2000 pentru scenariul de forțare RCP 8.5. Simulările modelelor se bazează pe media ansamblului multimodel a simulărilor RCM din inițiativa EURO-CORDEX (EEA 2021b)

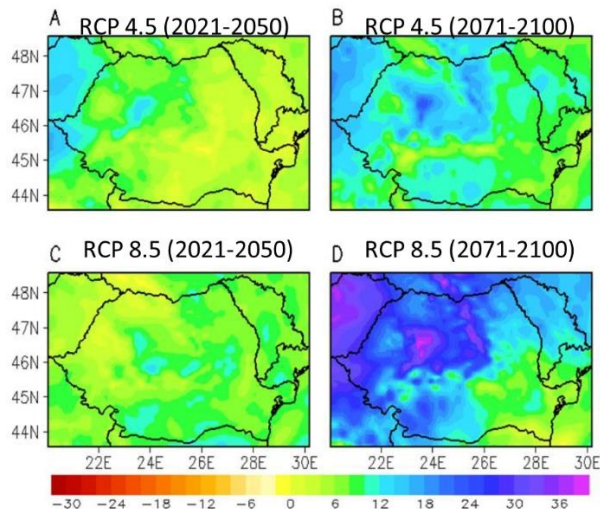


Figura 5. Schimbarea în valorile medii de iarnă ale cantității de precipitații (în %) calculate din rezultatele modelelor climatice regionale EURO-CORDEX în condițiile scenariilor de concentrație RCP 4.5 (A și C) și RCP 8.5 (B și D), pentru 2021- 2050 vs. 1971-2000 (A și B) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (C și D) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

Scenariile EURO-CORDEX arată creșteri ale valorilor medii ale evapotranspirației potențiale pentru anotimpul de vară de până la 34 l/m² în zona montană înaltă în perioada 2071-2100 conform RCP 8.5 (Fig 7). Creșteri însemnate de până la 17 l/m² sunt prognozate și pentru sudul și centrul țării.

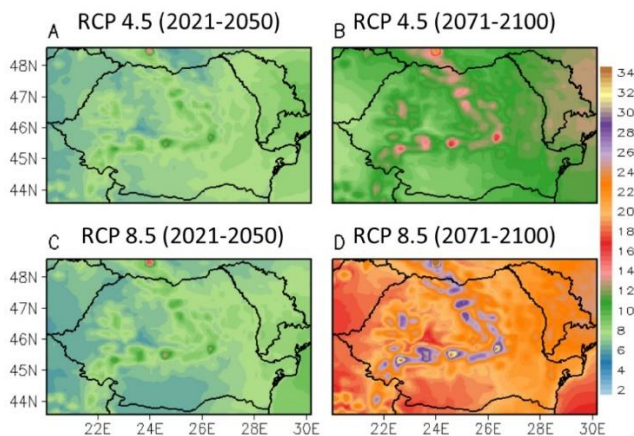


Figura 6. Schimbarea în valorile medii de vară ale evapotranspirației potențiale (în l/m²) din rezultatele EURO-CORDEX pentru 2021- 2050 vs. 1971-2000 (A și C) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (B și D), în condițiile scenariilor de emisie și concentrație RCP 4.5 (A și B) și RCP 8.5 (C și D) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

Grosimea stratului de zăpadă este estimată să scadă în perioada 2071-2100 în toată țara conform scenariului RCP 8.5, iar cele mai mari scăderi fiind preconizate să ajungă la -80% (Fig 8). Din punct de vedere spațial, cele mai mari scăderi se estimează a fi în partea sudică și vestică a țării.

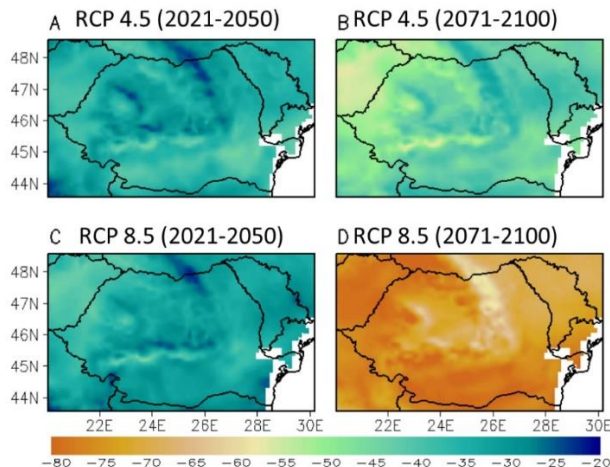


Figura 7. Schimbarea în valorile medii ale grosimii stratului de zăpadă (în %) din rezultatele EURO-CORDEX în condițiile scenariilor de emisie și concentrație RCP 4.5 (sus) și RCP 8.5 (jos) pentru octombrie-aprilie 2021- 2050 vs. octombrie -aprilie 1971-2000 (rândul din stânga) și 2071- 2100 vs. 1971-2000 (rândul din dreapta) (Sursa: Bojariu et al. 2021)

Fenomenele de secetă conform indicelui Palmer se estimează pe baza scenariului RCP 8.5 să crească în intensitate (< -4) în partea sud-estică a României cât și în zona montană în perioada 2071-2100 (Fig 9). Creșteri în intensitate sunt estimate și pe baza scenariului RCP 4.5, dar de o intensitate mai redusă (în jur de -2).

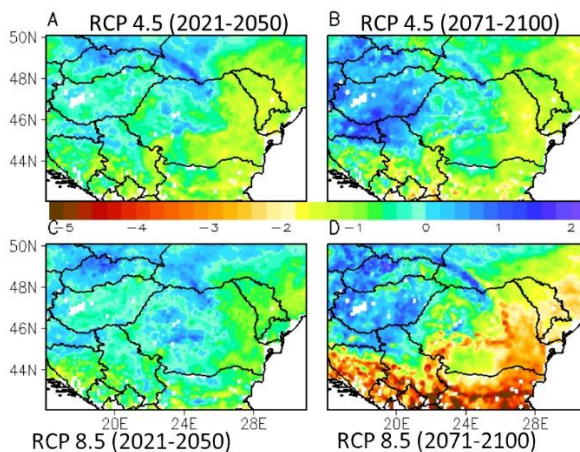


Figura 8. Schimbarea în valorile medii a indicelui Palmer în orizonturile de timp 2021-2050 vs. 1971-2000 (dreapta) și 2071-2100 vs. 1971-2000 (stânga) în condițiile scenariilor RCP 4.5 (sus) și RCP 8.5 (jos), pentru bazinul Dunării, calculate folosind rezultatele anasmablului de experimente numerice cu 5 modele regionale (Sursa: Bojariu et al. 2021)

Surse de date climatice gratuite

Nume set de date	Tip de date	Rezoluție	Perioada	Sursa
ROCADA	Istorice (observate)	0.1°	1961-2013	ANM (Dumitrescu and Birsan 2015)
E-OBS	Istorice (observate)	0.1°	1950-prezent	ECA&D (ECAD 2020)
ERA5	Istorice (observate)	0.1°	1950-prezent	ECMWF (Muñoz Sabater 2019)
Bioclimatic indicators	Istorice (observate)	1 km	1979-2018	ECMWF (ECMWF 2021a)
CMIP6	Viitoare (scenarii)	1°	2006-2100	ECMWF (ECMWF 2021b)
CORDEX	Viitoare (scenarii)	0.1°	2006-2100	ECMWF (ECMWF 2021c)
Bioclimatic indicators	Viitoare (scenarii)	1 km	1950 - 2100	ECMWF (ECMWF 2021d)

Context politic și legislativ

- Legislația națională cu privire la schimbările climatice cuprinde:
- Legea nr. 24/1994 pentru ratificarea Convenției-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, semnată la Rio de Janeiro la 5 iunie 1992
- Legea nr. 57/2017 Acordul de la Paris
- HOTĂRÂRE nr 739/2016 pentru aprobarea Strategiei naționale privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon pentru perioada 2016 2020 și a Planului național de acțiune pentru implementarea Strategiei naționale privind schimbările climatice și creșterea economică bazată pe emisii reduse de carbon pentru perioada 2016 2020, din 05102016
- HOTĂRÂRE Nr. 780 din 14 iunie 2006-versiune consolidata la data de 30/04/2013, privind stabilirea schemei de comercializare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră;
- HOTĂRÂRE Nr. 60 din 16 ianuarie 2008 pentru aprobarea Planului național de alocare privind certificatele de emisii de gaze cu efect de seră pentru perioadele 2007 și 2008 - 2012;

- O.M. Nr. 1474/2007 pentru aprobarea Regulamentului privind gestionarea și operarea registrului național al emisiilor de gaze cu efect de seră (publicat în M.O. nr. 680/2007);
- O.M. Nr. 1897/2007 pentru pentru aprobarea procedurii de emitere a autorizației privind emisiile de gaze cu efect de seră pentru perioada 2008-2012, (publicat în M.O. nr. 842/2007);
- O.M. Nr. 254/2009 pentru aprobarea Metodologiei privind alocarea certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră din Rezerva pentru instalațiile nou-intrate pentru perioada 2008-2012 (publicat în M.O. nr. 186/25.03.2009);
- O.M. Nr. 2851 din 9 decembrie 2011 privind aprobarea alocării certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră cu titlu gratuit pentru activitățile de aviație, pentru anul 2012 și perioada 2013 - 2020;
- ORDONANȚĂ DE URGENȚĂ Nr. 115 din 21 decembrie 2011 privind stabilirea cadrului instituțional și autorizarea Guvernului, prin Ministerul Finanțelor Publice, de a scoate la licitație certificatele de emisii de gaze cu efect de seră atribuite României la nivelul Uniunii Europene;
- ORDIN Nr. 1883/2194/152 din 12 iulie 2011 privind stabilirea cadrului instituțional pentru aplicarea prevederilor Deciziei Comisiei 2011/278/UE de stabilire, pentru întreaga Uniune, a normelor tranzitorii privind alocarea armonizată și cu titlu gratuit a certificatelor de emisii în temeiul articolului 10a din Directiva 2003/87/CE a Parlamentului European și a Consiliului

Date climatice utilizate în evaluarea schimbărilor climatice

Principalul set de date climatice disponibil (contra cost) la nivelul României este cel din baza de date a Administrației Naționale de Meteorologie (ANM). Aceste date sunt înregistrate la stațiile meteorologice. Prin modelare spațială, s-au obținut rastere cu rezoluția de 1 km, pentru perioada 1961-prezent.

O altă variantă la aceste date climatice este setul de date ROCADA (Birsan and Dumitrescu, 2014; Dumitrescu and Birsan, 2015), cu o rezoluție de 0.1° pentru perioada 1961-2013. Aceste date sunt disponibile gratuit, în scopuri de cercetare. Acesta conține nouă variabile meteorologice, obținute pe baza înregistrărilor de la 127-150 de stații. Acestea au fost omogenizate utilizând softul MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenization) apoi au fost gridate utilizând softul MISH (Multiple Analysis of Series for Homogenization).

Datele climatice utilizate pentru analiza climei pe trecut și prezent, fac parte din baza de date E-OBS (Cornes et al., 2018). Acestea sunt seduri de date zilnice obținute prin modelarea datelor observate la stațiile meteorologice incluse în sistemul european ECA&D (European Climate Assessment and Dataset). Datele E-OBS sunt date gridate cu rezoluția de 0.1° sau 0.25°

și acopera perioada 1950-01-01 - 2021-06-30, cu actualizare periodică la șase luni¹. Elementele incluse în această bază de date sunt: temperatura medie zilnică a aerului, temperatura minimă zilnică a aerului, temperatura maximă zilnică a aerului, suma precipitațiilor zilnice, presiunea medie zilnică la nivelul mării, umezeala relativă medie zilnică, viteza vântului mediu zilnic, radiația globală medie zilnică. Formatul datelor este NetCDF-4.

Date cu privire la climatul viitor sunt disponibile la rezoluția de 0.1°, pentru perioada 2006-2100, pe baza modelelor regionale (RCM), ansamblu de experimente CORDEX de proiecție climatică folosind scenarii de forță RCP (Representative Concentration Pathways). Aceste scenarii sunt scenariile RCP 2.6, 4.5 și 8.5 care oferă diferite căi de forțare a climei viitoare. Condițiile limită sunt furnizate de GCM.

Tabel 1. Surse de date climatice

date	Nume set de date	Tip de date	Rezoluție	Perioada	Sursa
Date climatice		Istorice (observate)	1 km	1961- prezent	ANM (ANM, 2008)
	ROCADA	Istorice (observate)	0.1°	1961- 2013	ANM (Birsan Dumitrescu, and 2014)
	E-OBS	Istorice (observate)	0.1°	1950- prezent	ECA&D (ECAD, 2020)
	ERA5	Istorice (reanaliză)	0.1°	1950- prezent	ECMWF (Muñoz Sabater, 2019)
	Bioclimatic indicators	Istorice (reanaliză)	1 km	1979- 2018	ECMWF (ECMWF, 2021a)
	CMIP6	Viitoare (scenarii)	1°	2006- 2100	ECMWF (ECMWF, 2021b)
	CORDEX	Viitoare (scenarii)	0.1°	2006- 2100	ECMWF (ECMWF, 2021c)
	Bioclimatic indicators	Viitoare (scenarii)	1 km	1950 - 2100	ECMWF (ECMWF, 2021d)

1. Metode și indicatori bioclimatici

În acest studiu am utilizat temperatura medie zilnică a aerului și suma zilnică a precipitațiilor la rezoluția de 0.1°, din date E-Obs. Pe baza acestora s-au obținut următorii parametri climatici și indicatori: temperatura media multianuală a aerului, suma precipitațiilor medii multianuale și Indicele de ariditate De Martonne. Acești parametri și indicatori au fost calculați pentru perioada 1951-1970 (trecut) și pentru perioada normală conform recomandărilor OMM², 1991-2020 (prezent).

¹ [E-OBS data access \(copernicus.eu\)](https://climate.copernicus.eu/eobs)

² [WMO Climatological Normals | World Meteorological Organization](https://www.wmo.int/pages/prog/education/normal)

În literatura de specialitate (Cheval et al., 2020; Noce et al., 2020) sunt frecvent folosiți 19 indicatori bioclimatici (Tabel 2). Aceștia pot fi calculați utilizând funcția `biovars` din R package dismo³. Însă, numeroase studii din domeniul climatologiei (Cheval et al., 2017; Croitoru et al., 2013; Hutchinson et al., 2000; Kapos et al., 2008; McMaster and Wilhelm, 1997; Peaucelle et al., 2019; Pravalie et al., 2014) utilizează indicatori climatici (Tabel 3) care pot fi utilizați în identificarea și monitorizarea favorabilității condițiilor climatice în distribuția speciilor și habitatelor.

Tabel 2. Indicatori bioclimatici

Nume indicator	Descriere	Sursa
Temperatura medie anuală (Bio1)	Temperatura medie anuală aproximează consumul total de energie pentru un ecosistem.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Interval mediu diurn anual (Bio2)	Acest indice poate ajuta la furnizarea de informații referitoare la relevanța fluctuațiilor de temperatură pentru diferite specii.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Izotermalitatea (Bio3)	Izotermalitatea cuantifică cât de mari oscilează temperaturile de la zi la noapte în raport cu oscilațiile (anuale) de la vară la iarnă.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Sezonalitatea temperaturii (Bio4)	Sezonalitatea temperaturii este o măsură a schimbării temperaturii de-a lungul anului.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Temperatura maximă a lunii cele mai calde (Bio5)	Aceste informații sunt utile atunci când se examinează dacă distribuțiile speciilor sunt afectate de anomalii de temperatură caldă pe tot parcursul anului.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Temperatura minimă a lunii cele mai reci (Bio6)	Aceste informații sunt utile atunci când se examinează dacă distribuțiile speciilor sunt afectate de anomalii de temperatură rece pe tot parcursul anului.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Interval de temperatură anual (Bio7)	Aceste informații sunt utile atunci când se examinează dacă distribuțiile speciilor sunt afectate de intervalele de condiții extreme de temperatură.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Temperatura medie a celui mai umed sfert (Bio8)	Acest indice furnizează temperaturi medii în timpul celor mai umede trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Temperatura medie a celui mai uscat trimestru (Bio9)	Acest indice oferă temperaturi medii în timpul celor mai uscate trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Temperatura medie a celui mai cald sfert (Bio10)	Acest indice furnizează temperaturi medii în timpul celor mai calde trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)

³ <https://rdr.io/cran/dismo/man/biovars.html>

Temperatura medie a celui mai rece trimestru (Bio11)	Acest indice oferă temperaturi medii în timpul celor mai reci trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitațiile anuale (Bio12)	Precipitațiile totale anuale aproximează aporturile totale de apă și, prin urmare, sunt utile atunci când se stabilește importanța disponibilității apei pentru distribuția unei specii.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cea mai umedă lună (Bio13)	Cea mai umedă lună este utilă dacă condițiile extreme de precipitații din timpul anului influențează un interval potențial al speciei.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cea mai uscată lună (Bio14)	Cea mai uscată lună este utilă dacă condițiile extreme de precipitații din timpul anului influențează un interval potențial al speciei.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Sezonalitatea precipitațiilor (CV) (Bio15)	Aceasta este o măsură a variației totalului lunar de precipitații pe parcursul anului.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cel mai umed trimestru (Bio16)	Acest indice oferă precipitații totale în timpul celor mai umede trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cartierul cel mai uscat (Bio17)	Acest indice oferă precipitații totale în timpul celor mai uscate trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cel mai cald trimestru (Bio18)	Acest indice oferă precipitații totale în cele mai calde trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)
Precipitații din cel mai rece trimestru (Bio19)	Acest indice oferă precipitații totale în timpul celor mai reci trei luni ale anului, ceea ce poate fi util pentru a examina modul în care astfel de factori de mediu pot afecta distribuția sezonieră a speciilor.	(O'Donnell and Ignizio, 2012)

Tabel 3. Indicatori climatici

Nume indicator	Descriere	Sursa
Growing degree days	Suma gradelor zilnice deasupra temperaturii medii zilnice de bază. Temperatura de bază variază în funcție de cerințele speciilor analizate.	(McMaster and Wilhelm, 1997)
Growing season start of season	Prima zi a anului a unei perioade de 5 zile consecutive cu o temperatură medie zilnică peste temperatura de bază.	(McMaster and Wilhelm, 1997)
Growing season end of season	Prima zi a unei perioade de 5 zile consecutive din a doua jumătate a anului cu o temperatură medie zilnică mai mică decât temperatura de bază.	(McMaster and Wilhelm, 1997)
Growing season length	Numărul de zile între începutul și sfârșitul sezonului de vegetație.	(McMaster and Wilhelm, 1997)
Evapotranspirația potențială Thornthwaite	Această variabilă se calculează pe baza temperaturii medii lunare.	(Thornthwaite, 1948)

Evapotranspirația potențială Hargreaves	Această variabilă se calculează pe baza temperaturii medii lunare și a intervalului de temperatură zilnic.	(Hargreaves and Samani, 1982)
Indicele de ariditate UNEP	Acest indicator permite identificarea zonelor cu climat arid.	(UNEP, 1997)
Indicele de ariditate De Martonne	Acest indicator permite identificarea tipurilor de climat, pe baza temperaturii aerului și precipitațiilor.	(de Martonne, 1926)

Indicele de ariditate UNEP (UNEP, 1997), se calculează ca raport între cantitatea anuală de precipitații și evapotranspirația potențială. Rezultatele sunt clasificate conform tabelului de mai jos (Tabel 4).

Tabel 4. Indice de ariditate - calcul

Clase de climat	Valori
<0.03	Hiper-arid
0.03 - 0.2	Arid
0.2 - 0.5	Semi-arid
0.5 - 0.65	Subumed uscat
>0.65	Umed

Indicele de ariditate De Martonne (de Martonne, 1926), se calculează pe baza temperaturii medii anuale aerului și suma anuală a precipitațiilor, conform ecuației: $P/(T+10)$, unde P reprezintă precipitațiile medii multianuale, iar T reprezintă temperatura medie multianuală. De asemenea, acesta se poate calcula și la nivel lunar. Rezultatele pot fi clasificate conform tabelului de mai jos (Tabel 5).

Tabel 5. Clasificarea tipurilor de climat conform indicelui de ariditate De Martonne (Croitoru et al., 2013).

Clasificarea tipurilor de climat	Valori
Uscat sau arid	< 10
Semi-arid	10-20
Moderat de arid/ Mediterranean	20-24
Semi-umed	24-28
Umed	28-35
Foarte umed	35-55
Extrem de umed	>55

Analiza tendințelor se poate realiza pe baza testului non-parametric Mann-Kendall și a pantei Sen. Acesta se poate calcula în R Studio folosind pachetul Kendall (<https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>). Tendința poate fi calculată pentru nivelurile de semnificație de 90% (valoarea $p = 0,1$), 95% (valoarea $p = 0,05$), 99% (valoarea $p = 0,01$) și 99,9% (valoarea $p = 0,001$).

II.2 Tendințe ale secolului XX în ceea ce privește schimbările climatice

Perspectiva climatică

Pe parcursul secolului XX, în cea mai mare parte a Europei s-au înregistrat creșteri ale temperaturii medii anuale cu o medie de $0,8^{\circ}\text{C}$ o încălzire mai puternică fiind înregistrată în sezonul de iarnă. Anii '90 au fost cei mai calzi din întreaga perioadă de înregistrare instrumentală. Tendințele precipitațiilor în secolul XX au arătat o creștere în nordul Europei cu până la 40%, simultan cu o scădere în sudul continentului de până la 20% în unele regiuni.

În prezent, tendința de încălzire în întreaga Europă este un fenomen cunoscut, atingând valori de $+0,90^{\circ}\text{C}$ în perioada 1901-2005 (Jones and Moberg, 2003). Cu toate acestea, perioada recentă prezintă o tendință ascendentă considerabil mai mare decât cea medie ($+0,41^{\circ}\text{C}/\text{decadă}$ pentru perioada 1979 până în 2005 conform (Jones and Moberg, 2003)). Pentru perioada anterioară 2000 (până la 1977), tendințele sunt mai ridicate în Europa centrală și de nord-est și în regiunile muntoase, în timp ce în regiunea mediteraneană se înregistrează tendințe mai scăzute (Böhm *et al.*, 2001). Valorile temperaturilor cresc mai mult iarna decât vara (Jones and Moberg, 2003). Se observă de asemenea o creștere a variabilității temperaturilor zilnice în perioada dintre 1977 și 2000, datorată unei creșteri a extremelor calde, mai degrabă decât a unei scăderi a temperaturilor extreme reci (Klein Tank *et al.*, 2002; Klein Tank and Können, 2003).

Tendințele precipitațiilor sunt mai variabile din punct de vedere spațial. Precipitațiile medii de iarnă sunt în creștere în nordul Europei (Klein Tank *et al.*, 2002). În zona mediteraneană, tendințele anuale ale precipitațiilor sunt negative în est, în timp ce în vest sunt nesemnificative (Norrant and Douguédroit, 2006). Se observă o creștere a precipitațiilor medii pe zi umedă în majoritatea părților continentului, chiar și în unele zone care devin mai uscate (Frich *et al.*, 2002; Klein Tank *et al.*, 2002; Alexander *et al.*, 2006).

O evaluare la scară continentală a (Hlásny *et al.*, 2021), evidențiază un model latitudinal distinct al variațiilor climatice viitoare din Europa. Acest model este robust și consecvent în trei perioade distincte (2041-2060, 2061-2080 respectiv 2081-2100) și sub două scenarii RCP (RCP4.5 respectiv RCP8.5). Stabilitatea temporală a caracterului climatic identificat și acordul dintre modele au fost mai slabe la latitudini mai mari. Zona centrală prezentând cea mai stabilă climă viitoare (aproximativ $50\pm 5^{\circ}\text{N}$). Aceasta acoperă cea mai mare parte a zonelor biogeografice atlantice, continentale și stepice. Zonele nordică și sudică, situate la latitudini înalte și joase ale Europei, sunt caracterizate de un climat viitor cu o stabilitate semnificativ mai scăzută (regiunea sudică descrie Marea Mediterană și Anatolia, în timp ce cea nordică cuprinde regiunile boreale și arctice).

Aceleași modele aplicate însă la scară regională ilustrează un mozaic de zone cu stabilitate climatică semnificativ scăzută sau ridicată, distribuite pe întreg teritoriul Europei. Spre deosebire de scara continentală, caracteristicile climatice regionale prezintă o stabilitate temporală și o concordanță inter-RCP mai slabă. Cu toate acestea, o serie de zone caracterizate de ACC reziduală (indicatorul Agregate Climate Change) (Hlásny *et al.*, 2021) semnificativ diferită de cea de fond persistă pe tot parcursul secolului XXI în cadrul celei mai conservatoare evaluări. La această scară, cele mai distincte zone cu stabilitate climatică scăzută sunt situate în cadrul regiunii sudice a continentului, subliniind variabilitatea regională ridicată a ACC în Marea Mediterană. Privind banda centrală identificată ca fiind stabilă la scară continentală, acoperind Alpii Orientali și unele părți ale Norvegiei apar acum ca zone cu stabilitate climatică scăzută la nivel regional. În mod esențial, unele zone cu stabilitate climatică scăzută sau ridicată extreme prezintă o tendință de agregare (de exemplu, regiunile de tranzițiile de la țărmul mării către interiorul uscatului sau regiunile cu o altitudine similară din cadrul lanțurilor muntoase), generând un model de expunere climatică care poate complica eforturile viitoare de conservare.

Analiza lui (Hlásny *et al.*, 2021) evidențiază inițiative de conservare aflate în pericol. Europa este caracterizată de un proces de utilizare a terenurilor și de dezvoltare relativ stabile, făcând posibilă utilizarea datelor regionale cu privire la stabilitate climatică pentru a trasa o strategie adaptivă de conservare a biodiversității. Concluziile studiului prezintă cele inițiative europene proeminente în materie de biodiversitate (Key Biodiversity Areas KBA (Eken *et al.*, 2004), Natura 2000 habitat network (European Commission (Office for Official Publications of the European Communities), 1996) și European Primary Forests EPF (Sabatini *et al.*, 2018)) ca nefiind echivalente cu zonele ce conform scenariilor climatice abordate pot servi drept refugii climatice. De exemplu, EPF sunt, de obicei, mici rămășițe de vegetație naturală, dintre care numai o parte se găsesc în zona central europeană stabilă, unele aflându-se chiar în cadrul unor zone de stabilitate climatică regionale. Aceste păduri pot servi drept ținte ale eforturilor de conservare datorită perspectivelor lor viitoare mai bune. În schimb, siturile Natura2000 și KBA tind să fie mai mari și gestionate în mod activ. În acest caz, informațiile privind zonele de stabilitate climatică viitoare pot fi utilizate pentru a planifica conservarea in situ sau chiar ex situ prin extinderea zonelor existente în regiunile învecinate cu climă stabilă (Oliver *et al.*, 2016). Este posibil să fie necesară o abordare diferită în cazul zonelor cu valoare ridicată de conservare situate în zone în care se preconizează o stabilitate climatică scăzută. În urma unei evaluări a riscului climatic pentru o specie sau un habitat, o revizuire a cadrului actual de conservare poate include o serie de intervenții, de la abandonarea efortului de conservare la implementarea de măsuri active care vizează restructurarea și adaptarea acestora (Pearce-Higgins *et al.*, 2017).

Perspectiva conexă

Arderea combustibililor fosili reprezintă aproape 80% din consumul total de energie și 55% din producția de electricitate în Uniunea Europeană (UE) (Environmental, 2006a). Dependența implicită mare față de resursele externe de combustibili fosili a dus la o concentrare din ce în ce mai mare asupra surselor de energie regenerabilă, inclusiv a bioenergiei (Environmental, 2006a, 2006b). În 2003, energia regenerabilă contribuise deja cu 6% și 13% la consumul total de energie și, respectiv, la consumul brut de electricitate în UE25 (Environmental, 2006a).

În UE25, emisiile medii de gaze cu efect de seră au fost de 11 tone de CO₂ per cap de locuitor (Environmental, 2004a) și se preconizează că acestea vor crește la 12 tone de CO₂ per cap de locuitor până în 2030 (Environmental, 2006a). Majoritatea țărilor europene au ratificat

Protocolul de la Kyoto, iar țările UE au urmărit un obiectiv comun de reducere cu 8% între 2008 și 2012 (Babiker and Eckaus, 2002). Raportat la perioada pre-1990, în UE, emisiile de gaze cu efect de seră, cu excepția utilizării terenurilor, a schimbării utilizării terenurilor și a silviculturii (LULUCF), au scăzut cu 5,5%.

Caracteristicile hidrologice ale Europei sunt foarte diverse, la fel ca și abordările sale privind utilizarea și gestionarea apei. Din volumul total de apă scoasă din circuitul natural într-un total de 30 de țări europene (UE plus țările învecinate), 32% sunt destinate agriculturii, 31% pentru apa de răcire a centralelor electrice, 24% pentru sectorul casnic și 13% pentru producție (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Aceste procente sunt în scădere în Europa de Nord spre deosebire de creșterea lentă din Europa de Sud (Flörke and Alcamo, 2005). Există numeroase presiuni asupra calității și disponibilității apei, inclusiv cele care provin din agricultură, industrie, urbanizare, uz casnic și turism. De asemenea, inundațiile și secetele tot mai frecvente au exercitat presiuni suplimentare asupra aprovizionării cu apă (Lallana, C., W. Kriner, R. Estrela, S. Nixon, 2001; Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Europa este unul dintre cei mai mari și mai productivi furnizori de alimente și fibre din lume. Aproximativ 80% din această producție a avut loc în UE. Productivitatea agriculturii europene este în general ridicată, în special în Europa de Vest: randamentul mediu al cerealelor în UE este cu peste 60% mai mare decât media mondială. În ultimul deceniu, politica agricolă comună a UE a fost reformată pentru a reduce supraproducția, pentru a diminua impactul asupra mediului și pentru a îmbunătăți dezvoltarea rurală.

Începând cu primii ani ai secolului XXI, suprafețele împădurite din Europa au cunoscut o creștere să în creștere, iar tăierile anuale au ajuns cu mult sub nivelurile sustenabile (Environmental, 2002). Politicile forestiere au continuat să fie modificate în ultimul deceniu pentru a promova servicii forestiere multiple în detrimentul producției de lemn (Kankaanpää and Carter, 2004). Pădurile europene reprezintă o sursă rețineri CO₂ atmosferic pentru aproximativ 380 Tg C/an (valoare calculată la mijlocul anilor 1990) (Janssens *et al.*, 2003). Cu toate acestea, emisiile de CO₂ provenite din sectorul agricol și turbă reduc absorbția netă de carbon în biosfera terestră a Europei la o valoare cuprinsă între 135 și 205 Tg C/an, echivalentul a 712% din emisiile antropice europene de la nivelul anului 1995 (Janssens *et al.*, 2003).

În pofida politicilor de protecție a peștilor, pescuitul excesiv a făcut ca numeroase stocuri de pește din apele europene să depășească limitele sustenabile. Simultan, acvacultura și-a mărit ponderea pe piața europeană a peștelui, cu efecte negative asupra mediului în regiunea costieră (Read and Fernandes, 2003).

Creșterea urbanizării și a turismului, precum și intensificarea agriculturii, au exercitat presiuni mari asupra mediului (Environmental, 2004a), însă se acordă o atenție politică tot mai mare utilizării durabile a terenurilor și a resurselor naturale. În ciuda reducerilor generale în ceea ce privește ampoloarea poluării aerului în Europa în ultimele decenii, rămân încă probleme semnificative legate de acidificare, depunerile de azot, emisiile de ozon, particulele și metalele grele (WGE, 2004). Protecția mediului în UE a condus la elaborarea mai multor directive, cum ar fi Directiva privind plafoanele de emisii și Directiva-cadru privind apa. Directiva UE privind speciile și habitatele și Directiva privind păsările sălbatice au fost integrate în rețeaua Natura2000, care protejează natura în peste 18% din teritoriul UE.

Sensibilitatea și capacitatea de adaptare la schimbări climatice

Proiecții climatice

Scenariile climatice, care servesc adesea drept date de intrare pentru modelele de impact, sunt construite prin proiecții. Aceste proiecții reprezintă răspunsul sistemului climatic la scenarii de emisii de gaze cu efect de seră și nu numai (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008). Există o varietate de modele de simulare a climei viitoare (Cotton and Pielke, 1995) care conțin ipoteze integrate. Proiecțiile pe termen lung, dincolo de anii 2050, depind în mare măsură de aceste modele și simulări, deoarece compoziția elementelor care afectează clima (de exemplu, concentrația gazelor cu efect de seră, gradul de acoperire a terenurilor, compoziția și distribuția demografică, condițiile socio - economice etc.) este diferită de compoziția actuală și de cea din viitorul apropiat.

Abordarea Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Abordarea IPCC este de o manieră tradițională în ceea ce privește evaluarea impactului (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008). În aceasta, utilizarea scenariului climatic este un pas important pentru planificarea adaptării (Dessai, Lu and Risbey, 2005). Informațiile de înaltă calitate referitoare la scenariile climatice joacă un rol central în determinarea cui sau a ce este vulnerabil și a modului prin care se poate spori capacitatea de adaptare.

Abordarea antropocentrică

Abordările centrate pe dezvoltarea umană susțin că măsurile de îmbunătățire a nivelurilor și tipurilor actuale de adaptare și reducere a vulnerabilității actuale sunt esențiale pentru a depăși impactul schimbărilor climatice în viitor (Dessai, Lu and Risbey, 2005). Această abordare ia în considerare faptul că vulnerabilitatea este determinată atât de stresul climatic, cât și de cel non-climatic. Adaptarea se concentrează asupra riscurilor climatice existente și asupra factorilor care determină capacitatea de adaptare, inclusiv disponibilitatea resurselor financiare, disponibilitatea tehnologiei și a persoanelor calificate pentru a o utiliza în mod eficient, accesul la informații și existența unor acorduri juridice, sociale și organizaționale. Opțiunile de adaptare se bazează în mare parte pe experiența de succes pe care comunitatea sau sistemul o posedă în a face față stresurilor climatice trecute și/sau actuale (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

În acest caz, scenariile climatice sunt irelevante. Punctul slab al acestei abordări este presupunerea că vulnerabilitatea viitoare este similară cu cea actuală (Dessai, Lu and Risbey, 2005).

Abordarea riscurilor

Evaluarea riscurilor face parte dintr-un proces de gestionare a acestora pentru a reduce urmările asupra sănătății umane și asupra ecosistemelor. Un element central al evaluării riscurilor este gestionarea incertitudinilor, care permite determinarea și reducerea riscului unui eveniment potențial dezastruos (Dessai, Lu and Risbey, 2005).

Scenariile climatice sunt utilizate ca instrument pentru a evalua relația dintre schimbările climatice și diferite evenimente și pentru a identifica pragurile de impact care urmează să fie analizate pentru risc. În cadrul acestei abordări, scenariile climatice nu sunt centrul evaluării, dar pot sprijini identificarea pragurilor, cuantificarea incertitudinii și planificarea acțiunilor de reducere a riscurilor (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

Cadrul politicii de adaptare

Cadrul politicii de adaptare (APF) consideră procesul de adaptare ca fiind continuu (Burton *et al.*, 2002). Acest cadru face legătura între abordarea antropocentrică și abordarea riscurilor. Sub această abordare, scenariile climatice sunt utile pentru a caracteriza riscurile climatice viitoare și pentru a evalua performanța opțiunilor de adaptare în cadrul unei evaluări a riscurilor (IPCC, 2000; Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R. and Pielke Jr., 2008) cât și pentru ca factorii de decizie să evalueze în mod sistematic performanța și robustețea strategiilor lor de adaptare pentru o gamă largă de stări viitoare plauzibile ale climei și pentru mulți alți factori.

Scenariile climatice extrem de precise în astfel de cazuri nu sunt neapărat ca o cheie în procesul de evaluare (Price, D.T. and Flannigan, 2000; Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

Pe scurt, rolul scenariului climatic în planificarea adaptării poate fi relevant sau irelevant în funcție de abordarea evaluării adaptării. Scenariile climatice tind să fie irelevante în cadrul unei abordări bazate pe dezvoltarea umană și foarte relevante în cadrul abordării IPCC. În general, studiile care se concentrează asupra vulnerabilității sociale la schimbările climatice tind să examineze vulnerabilitatea la variabilitatea climatică actuală și, prin urmare, nu utilizează scenarii climatice. Abordarea bazată pe risc se situează undeva între cele două, în funcție de detaliile urmărite.

APF utilizează scenarii climatice pentru caracterizarea riscului climatic viitor, ca parte a unui proces continuu de adaptare. Scările spațiale și temporale la care se operează influențează, de asemenea, importanța scenariului climatic. Scenariile climatice tind să fie mai puțin importante pentru adaptarea actuală sau la o scară temporală mai scurtă și într-o zonă foarte localizată, dar tind să fie relevante pentru o adaptare pe termen lung și în zone de scară largă (globală sau regională) (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

În cele mai multe cazuri, adaptarea anticipativă necesită cele mai bune informații disponibile cu privire la natura riscurilor climatice viitoare (SEI, 2008). Au fost propuse mai multe recomandări generale pentru ca informațiile climatice viitoare să fie utile în procesul de adaptare, printre care: îmbunătățirea accesului la datele climatice istorice, pentru o mai bună calitate a reducerii de scară și examinarea tendințelor climatice din trecut; îmbunătățirea competențelor pentru aplicarea rezultatelor cercetării climatice și pentru o mai bună utilizare a modelelor de schimbări climatice, inclusiv a tehnicilor de reducere de scară; și îmbunătățirea comunicării între producătorii de informații și utilizatorii de informații (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

Scenarii

Grupul interguvernamental de experți privind schimbările climatice - Grupul operativ pentru date și scenarii pentru evaluarea impactului și a climei (IPCC- TGICA) a clasificat scenariile climatice în trei tipuri principale (Carter and IPCC TGICA, 2007), pe baza modului în care sunt construite. Acestea sunt: scenarii sintetice, cunoscute și sub denumirea de scenarii incrementale (IPCC, 2001); scenarii analogice și scenarii bazate pe modele climatice.

Scenarii sintetice

Construirea de scenarii sintetice sau de scenarii incrementale implică o tehnică prin care anumite elemente climatice sunt modificate cu o valoare arbitrară dar realistă, de exemplu, ajustarea variabilei de temperatură cu +1, +2 și +3°C față de o stare de referință (bază de referință) sau creșterea sau reducerea precipitațiilor cu 5%, 10% și 15% față de baza de referință. Valorile de schimbare pot fi menținute constante pentru întregul an sau pot fi modificate lunar, sezonier sau interanual (Carter and IPCC TGICA, 2007).

Această metodă are unele avantaje și dezavantaje pentru analizele de impact al schimbărilor climatice. Principalul avantaj al acestei metode este faptul că scenariile climatice sunt ușor de creat, iar rezultatele pot fi obținute rapid. Sensibilitatea relativă a obiectului de studiu la schimbările climatice poate fi explorată rapid. Dezavantajul acestei metode este că nu prezintă un climat viitor realist din cauza naturii sale arbitrare (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008). Cu toate acestea, în scopul explorării sensibilității relative și ținând cont de ușurința aplicării și de rezultatele directe, metoda scenariilor sintetice este încă utilă.

Scenarii analogice

Metoda scenariilor analogice implică o identificare a înregistrărilor climatice care pot reprezenta condițiile climatice viitoare ale regiunii de interes. Acest lucru poate fi realizat printr-o metodă analogică temporală, care utilizează înregistrările climatice din trecut ca un analog al climatului viitor posibil (Warrick, 1984; Shabalova and Können, 1995), sau printr-o metodă analogică spațială, care utilizează informații climatice actuale dintr-o altă regiune pentru a reprezenta climatul viitor posibil ca analog.

Această metodă analogică prezintă mai multe dezavantaje. Principalul dezavantaj al metodei analogiei temporale este utilizarea înregistrărilor climatice din trecut, în special a reconstrucției paleoclimatice, deoarece cauza schimbărilor climatice din trecut este probabil să fie diferită de cauza schimbărilor climatice viitoare (adică schimbările climatice din trecut nu au fost cauzate de gazele cu efect de seră cu sursă antropică).

Dezavantajul utilizării analogului spațial constă în faptul că locația este diferită din punct de vedere geografic și, prin urmare, nu poate reprezenta corect clima locală viitoare (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

Scenarii bazate pe modele climatice

Aceste scenarii utilizează rezultatele modelele de circulație generală (MCG pentru construirea lor și, de obicei, sunt dezvoltate prin ajustarea unui climat de bază (de obicei extras din observații regionale ale climei pe o perioadă de referință) cu schimbarea absolută sau proporțională dintre climatul prezent și cel viitor simulat (Carter and IPCC TGICA, 2007). Cele mai multe studii de impact recente au construit scenarii pe baza rezultatelor tranzitorii ale MCG cu rezoluție grosieră, reduse la scara necesară (Santoso, Idinoba and Imbach, 2008).

MCG-urile sunt modele climatice numerice complexe care reprezintă procesele fizice ale sistemului climatic din atmosferă, ocean, criosferă și suprafața terestră. Acestea reprezintă singurul instrument credibil disponibil în prezent pentru simularea răspunsului sistemului climatic global la creșterea concentrației de gaze cu efect de seră (Cotton and Pielke, 1995). Cu ajutorul celor mai recente modele de circulație generală atmosferică și oceanică (AOGCM), estimările cantitative ale schimbărilor climatice viitoare au câștigat credibilitate (Uk, 2007), iar capacitatea de a simula evenimente extreme s-a îmbunătățit.

Tehnicile de reducere a scării sunt importante pentru studiile de impact care utilizează rezultatele MCG și necesită o rezoluție mai fină decât cea a MCG.

Context climatic

Contextul climatic descris se referă la perioada 2070-2099 și se bazează în mare parte pe Raportul special al IPCC privind scenariile de emisii (SRES) (IPCC, 2000), folosind perioada normală din punct de vedere climatic (1961-1990) ca bază de referință.

Rezultatele modelării climatice disponibile ca și parte a raportărilor IPCC au arătat o creștere a temperaturii anuale în Europa de 0,1 până la 0,4 °C per decadă în secolul XXI, pe baza unei întregi serii de scenarii și modele. Studiile arată o creștere generalizată a precipitațiilor în nord, o scădere mică în sud și schimbări inconsecvente și ambigue în Europa Centrală. Este general acceptată interpretarea acestora date, conform căreia probabilitatea de schimbare a caracterul sezonier al precipitațiilor să continue să crească frecvența evenimentelor extreme, în special iarna. Este de asemenea evidențiată o probabilitate crescută de intensificare a frecvenței valurilor de căldură din timpul verii în întreaga Europă.

Este evident faptul că Europa trece printr-o perioadă de încălzire ce se manifestă în toate anotimpurile, atât în scenariul de emisii SRES A2, cât și în scenariul B2 (A2: până la 2.55,5 °C, B2: până la 14 °C; intervalul de variație se datorează rezultatelor diferite ale modelării climatice).

Procesul de încălzire este mai accentuat în Europa de Est iarna (decembrie- februarie: DJF) și în Europa de Vest și de Sud vara (iunie - august: JJA) (Giorgi, Bi and Pal, 2004). Rezultatele obținute cu ajutorul a două modele climatice regionale în cadrul proiectului PRUDENCE (Christensen and Christensen, 2003) au arătat o încălzire mai mare iarna decât vara în nordul Europei și invers în sudul și centrul Europei. O creștere foarte mare a temperaturilor de vară are loc în părțile sud-vestice ale Europei, depășind 6 °C în unele părți ale Franței și ale Peninsulei Iberice (Kjellström, 2004; Räisänen *et al.*, 2004; Good *et al.*, 2006).

În general, pentru toate scenariile, precipitațiile medii anuale cresc în nordul Europei și scad la sud, în timp ce modificarea precipitațiilor sezoniere variază substanțial de la un sezon la altul și de la o regiune la alta, ca răspuns la schimbările în circulația la scară largă și în încărcătura de vapori de apă. (Räisänen *et al.*, 2004) au identificat o creștere a precipitațiilor de iarnă în nordul și centrul Europei. De asemenea, (Giorgi, Bi and Pal, 2004) au constatat că o activitate ciclonică atlantică crescută în DJF duce la o creștere a precipitațiilor (până la 15-30%) în mare parte din vestul, nordul și centrul Europei.

Precipitațiile din această perioadă scad în Europa mediteraneană ca răspuns la creșterea circulației anticiclonice. (Räisänen *et al.*, 2004) au constatat că precipitațiile de vară scad în mod substanțial (în unele zone, cu până la 70% în scenariul A2) în sudul și centrul Europei și, într-o mai mică măsură, în nordul Europei până în centrul Scandinaviei. (Giorgi, Bi and Pal, 2004) au identificat o circulație anticiclonică intensificată în JJA în Atlanticul de nord-est, care induce o extremă superioară în Europa de vest, opus celei specifice Europei de est. Această structură deviază furtunile spre nord, provocând o scădere substanțială și generalizată a precipitațiilor (până la 30-45%) în bazinul mediteranean, precum și în vestul și centrul Europei. S-a constatat că atât schimbările din timpul iernii, cât și cele din timpul verii sunt semnificative din punct de vedere statistic (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007) pe zone mari din domeniul regional de modelare. Modificări relativ mici ale precipitațiilor au fost constatate pentru primăvară și toamnă (Kjellström, 2004; Räisänen *et al.*, 2004).

Modificarea vitezei medii a vântului este foarte sensibilă la diferențele de circulație la scară largă care pot rezulta între diferite modele globale (Räisänen *et al.*, 2004). Din simulările regionale bazate pe ECHAM4 și pe scenariul A2, viteza medie anuală a vântului crește în nordul Europei cu aproximativ 8% și scade în Europa mediteraneană (Räisänen *et al.*, 2004; Pryor, Barthelmie and Kjellström, 2005). Creșterea pentru Europa de Nord este cea mai mare iarna și primăvara devreme, când creșterea gradientului mediu de presiune nord-sud este cea mai mare. Într-adevăr, simularea presiunii medii DJF indică o creștere a fluxului mediu dinspre

vest în regiunea Europei de Nord atunci când se utilizează modelul global ECHAM4, dar o ușoară scădere atunci când se utilizează modelul HadAM3H (Gordon *et al.*, 2000). Europa Centrală, toate cele patru simulări documentate de (Räisänen *et al.*, 2004) indică o ușoară creștere a vitezei medii a vântului în timpul iernii și o oarecare scădere în primăvară și toamnă. Niciuna dintre simulările raportate nu indică schimbări semnificative în timpul verii pentru Europa de Nord.

Evenimente extreme

Se preconizează că temperatura maximă anuală va crește mult mai mult în sudul și centrul Europei decât în nordul Europei (Kjellström, 2004; Räisänen *et al.*, 2004; Kjellström *et al.*, 2007) arată că, în timpul verii, încălzirea unor mari părți din Europa Centrală, de Sud și de Est poate fi mai mult legată de temperaturi mai ridicate în zilele călduroase decât de o încălzire generală. Se așteaptă, de asemenea, o creștere importantă a temperaturii minime anuale în cea mai mare parte a Europei, care, în multe locuri, depășește încălzirea medie din timpul iernii de două sau trei ori. O mare parte din încălzirea din timpul iernii este legată de temperaturi mai ridicate în zilele reci, ceea ce indică o scădere a variabilității temperaturilor de iarnă. O creștere a celor mai scăzute temperaturi de iarnă, deși mare, ar însemna în primul rând că actualele extreme minime ar scădea. În schimb, o creștere mare a celor mai ridicate temperaturi de vară i-ar expune pe europeni la temperaturi ridicate fără precedent.

(Christensen and Christensen, 2003; Giorgi, Bi and Pal, 2004; Kjellström, 2004) au constatat cu toții o creștere substanțială a intensității precipitațiilor zilnice. Acest lucru este valabil chiar și pentru zonele cu o scădere a precipitațiilor medii, cum ar fi Europa Centrală și Mediterana. (Palmer and Räisänen, 2002) estimează că probabilitatea ca precipitațiile extreme de iarnă care depășesc cu două deviații standard peste normal să crească de cinci ori în unele părți din nordul Europei.

Efectele combinate ale temperaturilor mai ridicate și ale reducerii precipitațiilor medii de vară ar spori apariția valurilor de căldură și a secetelor. (Schär and Jendritzky, 2004) concluzionează că în viitorul climat estival european se va înregistra o creștere pronunțată a variabilității de la an la an și, prin urmare, o incidență mai mare a valurilor de căldură și a secetelor. (Beniston, 2002) au estimat că țările din Europa Centrală vor avea același număr de zile călduroase ca în prezent în Europa de Sud și că secetele mediteraneene vor începe mai devreme în cursul anului și vor dura mai mult. Regiunile cele mai afectate ar putea fi sudul Peninsulei Iberice, Alpii, coasta de est a Mării Adriatice și sudul Greciei. Marea Mediterană și chiar o mare parte din Europa de Est ar putea cunoaște o creștere a perioadelor secetoase până la sfârșitul secolului XXI (Polemio and Casarano, 2004). Potrivit lui (Good *et al.*, 2006), cea mai lungă perioadă anuală de secetă ar putea crește cu până la 50%, în special deasupra Europei centrale. Cu toate acestea, există unele dovezi (Lenderink *et al.*, 2007) potrivit cărora aceste proiecții privind secetele și valurile de căldură ar putea fi ușor supraestimate din cauza parametrizării umidității solului (o capacitate de stocare a solului prea mică, care duce la o uscare prea ușoară a solului) în modelele climatice regionale.

În ceea ce privește vânturile extreme, (Leckebusch and Ulbrich, 2004; Rockel and Woth, 2007) au constatat o creștere a vitezelor extreme ale vântului în Europa Centrală și de Vest, deși modificările nu au fost semnificative din punct de vedere statistic pentru toate lunile anului. (Beniston *et al.*, 2007) au constatat că vitezele extreme ale vântului au crescut în zona cuprinsă între 45° - 55° N, cu excepția zonei situate deasupra și la sud de Alpi.

Sensibilitatea la schimbări climatice

Regiunea europeană a fost identificată ca fiind cea mai sensibilă la o serie de condiții particulare. Dintre acestea, anotimpurile extreme, în special veri excepțional de calde și uscate și ierni blânde, sunt unele dintre schimbările cu efect profund asupra biodiversității. De asemenea, evenimentele de scurtă durată, cum ar fi furtunile sau ploile abundente ridică tot mai frecvent probleme la scară locală în timp ce schimbările lente și pe termen lung ale climei exercită o presiune deosebită asupra zonelor costiere.

Este evident că variabilitatea și schimbările climatice afectează deja caracteristicile și funcțiile ecosistemelor europene. Unele dintre aceste efecte sunt benefice, dar majoritatea sunt estimate a fi negative (Environmental, 2004b).

Sensibilitatea Europei la schimbările climatice are un gradient distinct între nord și sud, multe studii indicând că sudul Europei va fi mai grav afectat decât nordul Europei (Environmental, 2004b). Se așteaptă ca clima deja caldă și semi-aridă din sudul Europei să devină mai caldă și mai uscată. Cu toate acestea, țările nordice sunt, de asemenea, sensibile la schimbările climatice (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Ca și în alte regiuni, ecosistemele naturale din Europa sunt mai vulnerabile la schimbările climatice decât sistemele aflate sub un management intensiv (Hitz and Smith, 2004). De obicei, ecosistemele naturale au nevoie de zeci de ani sau mai mult pentru a se stabili și, prin urmare, se adaptează mai lent la schimbările climatice decât sistemele gestionate. Rata preconizată a schimbărilor climatice în Europa va depăși probabil capacitatea actuală de adaptare a diferitelor specii de plante necultivate (Hitz and Smith, 2004). Sensibilitatea la variabilitatea și schimbările climatice variază, de asemenea, în funcție de ecosisteme. Cele mai sensibile ecosisteme naturale din Europa sunt situate în Arctica, în regiunile muntoase, în zonele de coastă (în special în zonele umede din Marea Baltică) și în diferite părți ale Mediteranei (WBGU, 2003). Ecosistemele din aceste regiuni sunt deja afectate de o tendință de creștere a temperaturii și de scăderea precipitațiilor în unele zone și ar putea fi incapabile să facă față schimbărilor climatice preconizate (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Posibilele consecințe ale schimbărilor climatice în Europa au stimulat eforturile UE, ale guvernelor naționale, ale întreprinderilor și ale organizațiilor neguvernamentale (ONG) de a dezvolta strategii de adaptare. UE sprijină cercetarea în domeniul adaptării la nivel paneuropean, în timp ce Danemarca, Finlanda, Ungaria, Portugalia, Slovacia, Spania, Spania și Regatul Unit sunt primele state ce au instituit programe naționale de adaptare la schimbările climatice (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Schimbările climatice afectează fiziologia, fenologia și distribuția speciilor europene de plante și animale (Thomas *et al.*, 2001; Warren *et al.*, 2001; Walther *et al.*, 2002; Herk, Aptroot and Dobben, 2002; Root *et al.*, 2003; Parmesan and Yohe, 2003; Brommer, 2004; Austin and Rehfisch, 2005; Hickling *et al.*, 2005, 2006; A. Menzel *et al.*, 2006; Annette Menzel *et al.*, 2006; Learmonth *et al.*, 2006; Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). O evaluare la nivel european a distribuției viitoare a speciilor de plante (aproape 10% din flora europeană) în cadrul diferitelor scenarii SRES a indicat că mai mult de jumătate din speciile modelate ar putea deveni vulnerabile, în pericol, în pericol critic sau pe cale de dispariție dacă nu se vor putea dispersa (Thuiller *et al.*, 2005). În cadrul celui mai sever scenariu climatic (A1), și presupunând că speciile s-ar putea adapta prin dispersie, 22% dintre speciile luate în considerare ar deveni în

pericol critic de dispariție, iar 2% ar fi pe cale de dispariție. Rezultate calitativ similare au fost obținute de (Bakkenes *et al.*, 2002). Conform acestor analize, este foarte probabil ca aria de răspândire a plantelor să se extindă spre nord și să se contracte în munții din sudul Europei și în bazinul mediteranean.

O evaluare a faunei europene a indicat că majoritatea speciilor de amfibieni (45% până la 69%) și reptile (61% până la 89%) și-ar putea extinde aria de răspândire în diferite scenarii SRES dacă dispersia ar fi nelimitată (Araújo, Thuiller and Pearson, 2006). Cu toate acestea, în cazul în care nu s-ar putea dispersa, atunci aria de răspândire a majorității speciilor (>97%) ar deveni mai mică. În concordanță cu aceste rezultate, un alt studiu la nivel european privind speciile de plante, insecte, păsări și mamifere a constatat că speciile se vor deplasa, în general, dinspre sud-vest spre nord-est (Berry *et al.*, 2006; Harrison *et al.*, 2006). Fragmentarea habitatelor este, de asemenea, susceptibilă să crească atât din cauza schimbărilor climatice, cât și a celor legate de utilizarea terenurilor (del Barrio *et al.*, 2006).

În prezent, bogăția speciilor din sistemele de apă dulce interioare este cea mai mare în Europa Centrală și scade spre sud și nord din cauza secetelor periodice și a salinizării (Declerck *et al.*, 2005). Creșterea debitelor proiectate și riscul mai scăzut de secetă în nord vor fi în beneficiul faunei din aceste sisteme (Lake, 2000; Daufresne *et al.*, 2004), dar creșterea secetei în sud va avea un efect opus (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Temperaturile mai ridicate vor duce probabil la creșterea diversității speciilor în ecosistemele de apă dulce din nordul Europei și la scăderea acestora în unele părți din sud-vestul Europei (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Invazie speciile pot crește în nord (Mckee *et al.*, 2002). Plantele lemnoase pot invada mlaștinile și fânețele (Weltzin *et al.*, 2003). Speciile adaptate la frig vor fi forțate să se deplaseze mai la nord și mai în amonte; unele dintre ele pot dispărea în cele din urmă din Europa (Daufresne *et al.*, 2004; Eisenreich, 2005).

Creșterea nivelului mării va avea probabil un impact major asupra biodiversității. Printre exemple se numără inundarea locurilor de pescuit folosite de foci pentru reproducere și odihnă (Eisenreich, 2005). Creșterea temperaturii mării poate declanșa, de asemenea, evenimente de mortalitate pe scară largă legate de boli ale delfinilor din Marea Mediterană și ale focilor din Europa (Geraci and Lounsbury, 2002). Creșterea nivelului mării va reduce disponibilitatea habitatelor pentru speciile de păsări care cuibăresc sau se hrănesc în zonele de coastă joase. Acest lucru este deosebit de important pentru populațiile de păsări de țărnam care ierneză pe coastele europene (Rehfishch and Crick, 2003). Scăderea nivelului pânzei freatice și creșterea utilizării și extragerii antropice a apei din zonele umede interioare pot cauza probleme serioase pentru populațiile de păsări migratoare și lilieci care folosesc aceste zone în timpul migrației în Europa și între Europa și Africa (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Concluzii

Rolul scenariilor climatice în evaluarea și planificarea adaptării variază de la irelevant la foarte relevant, în funcție de abordare, care este determinată de natura cazului și de scara zonei, disponibilitatea datelor climatice și capacitatea de a le gestiona, precum și scara de timp.

În cazul în care scenariile climatice, acestea sunt disponibile și fiabile (adică descriu un climat viitor plauzibil). Ele sunt, de asemenea, utile, și probabil mai importante, pentru a testa robustețea de răspuns sau de politici de adaptare, în ciuda incertitudinilor acestora.

Comunicarea scenariului climatic către utilizatori (factori de decizie, administratori și planificatori de resurse etc.) într-un mod optim este o provocare. Va fi mai semnificativ să descriem condițiile climatice viitoare în termeni de probabilitate de apariție care poate fi evaluată prin cuantificarea incertitudinilor. În consecință, există o necesitate de a crește capacitatea de a înțelege mai bine schimbările climatice și scenariile climatice, precum și de a crește numărul de persoane calificate pentru a reduce scara MCG-urilor și pentru a gestiona datele climatice în general.

Impactul schimbărilor climatice va varia substanțial de la o regiune la alta și de la un sector la altul în cadrul regiunilor. Se preconizează însă efecte negative mai mari în regiunile cu o dezvoltare economică mai redusă, care este adesea legată de o capacitate de adaptare mai redusă

IV. BIODIVERSITATE, ARII NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICII ECOSISTEMICE ÎN ROMÂNIA

Rețeaua actuală de arii naturale protejate din România este rezultatul unui proces îndelungat, care a debutat la începutul secolului al XX-lea, când a fost declarată prima rezervație naturală din România, Codrul Secular Slătioara (1904). În această perioadă, activitatea în domeniul ocrotirii naturii a fost puternic susținută științific prin publicarea de studii, note sau lucrări de către o serie de naturaliști, precum Emil Racoviță, Alexandru Borza, Andrei Popovici-Bâznoșanu, Grigore Antipa, Emil Pop și alții, care au stat la baza organizării protecției naturii în România. Pe fondul creșterii interesului pentru ocrotirea naturii, în perioada interbelică a apărut prima lege pentru protecția monumentelor naturii (1930), au fost declarate primele monumente ale naturii (1931), precum și primul parc național din România, Parcul Național Retezat (1935).

Rețeaua națională de arii naturale protejate a cunoscut mai multe momente de confirmare și de extindere, semnificative prin impactul spațial fiind cele din perioada comunistă (anii 50, anii 70-80), perioada de tranziție (anul 2000, 2004) și din perioada europeană (2007, 2011 și 2016).

Conform Ordonanței de Urgență nr. 57/2007 privind regimul ariilor naturale protejate, conservarea habitatelor naturale, a florei și faunei sălbatice, Anexa 1- Scopul și regimul de management al categoriilor de arii naturale protejate, sunt recunoscute:

a) *Rezervații științifice* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor habitate naturale terestre și/sau acvatice, cuprinzând elemente reprezentative de interes științific sub aspect floristic, faunistic, geologic, speologic, paleontologic, pedologic sau de altă natură. Rezervațiile științifice corespund categoriei I IUCN "Rezervație Naturală Strictă: arie protejată, administrată în principal în scopuri științifice".

b) *Parcuri naționale* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor eșantioane reprezentative pentru spațiul biogeografic național, cuprinzând elemente naturale cu valoare deosebită sub aspectul fizico-geografic, floristic, faunistic, hidrologic, geologic, paleontologic, speologic, pedologic sau de altă natură, oferind posibilitatea vizitării în scopuri științifice, educative, recreative și turistice. Parcurile naționale

corespund categoriei II IUCN "Parc național: arie protejată administrată în special pentru protecția ecosistemelor și pentru recreere".

c) *Monumente ale naturii* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor elemente naturale cu valoare și semnificație ecologică, științifică, peisagistică deosebite, reprezentate de specii de plante sau animale sălbatice rare, endemice ori amenințate cu dispariția, arbori seculari, asociații floristice și faunistice, fenomene geologice - peșteri, martori de eroziune, chei, cursuri de apă, cascade și alte manifestări și formațiuni geologice, depozite fosilifere, precum și alte elemente naturale cu valoare de patrimoniu natural prin unicitatea sau raritatea lor. Monumentele naturii corespund categoriei III IUCN "Monument natural: arie protejată administrată în special pentru conservarea elementelor naturale, specifice".

d) *Rezervații naturale* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor habitate și specii naturale importante sub aspect floristic, faunistic, forestier, hidrologic, geologic, speologic, paleontologic, pedologic. Mărimea lor este determinată de arealul necesar asigurării integrității elementelor protejate. Potrivit scopului pentru care au fost desemnate, rezervațiile naturale pot avea caracter predominant: botanic, zoologic, forestier, geologic, paleontologic, peisagistic, speologic, de zonă umedă, marină, de resurse genetice și altele. Aceste rezervații corespund categoriei IV IUCN, și anume arie de gestionare a habitatelor/speciilor: arie protejată administrată în special pentru conservare prin intervenții de gospodărire.

e) *Parcuri naturale* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor ansambluri peisagistice în care interacțiunea activităților umane cu natura de-a lungul timpului a creat o zonă distinctă, cu valoare semnificativă peisagistică și/sau culturală, deseori cu o mare diversitate biologică. Parcurile naturale corespund categoriei V IUCN "Peisaj protejat: arie protejată administrată în principal pentru conservarea peisajului și recreere".

f) *Rezervații ale biosferei* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor zone de habitat natural și a diversității biologice specifice. Rezervațiile biosferei se întind pe suprafețe mari și cuprind un complex de ecosisteme terestre și/sau acvatice, lacuri și cursuri de apă, zone umede cu comunități biocenotice floristice și faunistice unice, cu peisaje armonioase naturale sau rezultate din amenajarea tradițională a teritoriului, ecosisteme modificate sub influența omului și care pot fi readuse la starea naturală, comunități umane a căror existență este bazată pe valorificarea resurselor naturale, pe principiul dezvoltării durabile și armonioase. Sunt declarate în cadrul Programului Om-Biosferă de sub egida UNESCO.

g) *Zone umede de importanță internațională* - acele arii naturale protejate al căror scop este asigurarea protecției și conservării siturilor naturale cu diversitatea biologică specifică zonelor umede. Sunt declarate în conformitate cu prevederile Convenției Ramsar privind conservarea zonelor umede de importanță internațională, în special ca habitat al păsărilor acvatice.

h) *Situri naturale ale patrimoniului natural universal* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt protecția și conservarea unor zone de habitat natural în cuprinsul cărora există elemente naturale a căror valoare este recunoscută ca fiind de importanță universală. Sunt declarate și administrate cu respectarea prevederilor Convenției privind protecția patrimoniului mondial cultural și natural, de sub egida UNESCO.

i) *Arii speciale de conservare* - acele arii naturale protejate de interes comunitar ale căror scopuri sunt conservarea, menținerea și, acolo unde este cazul, readucerea într-o stare de conservare favorabilă a habitatelor naturale și/sau a populațiilor speciilor pentru care situl este desemnat. Ariile naturale de conservare sunt special desemnate pentru conservarea tipurilor de habitate naturale și a habitatelor speciilor prevăzute în anexele nr. 2 și 3 ale OUG 57/2007, care transpun anexele Directivei Habitate. Ariile speciale de conservare se desemnează prin hotărâre a Guvernului, după recunoașterea statutului lor de către Comisia Europeană, și vor face parte din rețeaua europeană "Natura 2000".

j) *Arii de protecție specială avifaunistică* - acele arii naturale protejate ale căror scopuri sunt conservarea, menținerea și, acolo unde este cazul, readucerea într-o stare de conservare favorabilă a speciilor de păsări și a habitatelor specifice, desemnate pentru protecția speciilor de păsări migratoare sălbatice, mai ales a celor prevăzute în anexele nr. 3 și 4 la OUG 57/2007, care transpun anexele Directivei Păsări. Ariile speciale de protecție sunt desemnate prin hotărâre a Guvernului și fac parte din rețeaua europeană "NATURA 2000".

k) *Situri de importanță comunitară* - acele arii care, în regiunea sau în regiunile biogeografice în care există, contribuie semnificativ la menținerea sau restaurarea la o stare de conservare favorabilă a habitatelor naturale din anexa nr. 2 sau a speciilor de interes comunitar din anexa nr. 3, ambele ale OUG 57/2007, și care pot contribui astfel semnificativ la coerența rețelei "NATURA 2000" și/sau contribuie semnificativ la menținerea diversității biologice în regiunea ori regiunile biogeografice respective. Pentru speciile de animale cu areal larg de răspândire, siturile de importanță comunitară ar trebui să corespundă zonelor din areal în care sunt prezenți factori abiotici și biotici esențiali pentru existența și reproducerea acestor specii. Propunerile de situri de importanță comunitară se stabilesc prin ordin al autorității publice centrale pentru protecția mediului.

l) *Geoparcul* - un teritoriu ce cuprinde elemente de interes geologic deosebit, alături de elemente de interes ecologic, arheologic, istoric și cultural. Caracteristicile geologice sunt cuprinse într-un număr de situri de importanță științifică, educațională sau estetică, reprezentative pentru un anumit moment din istoria Pământului ori pentru anumite evenimente sau procese geologice. Declararea și managementul unui geoparc se realizează în conformitate cu recomandările UNESCO și Cartei Rețelei Europene a Geoparcurilor.

În funcție de „nivelul” la care aria protejată este declarată, rețeaua de arii naturale protejate a României cuprinde mai multe categorii (tab.1).

Tabel 6. Categoriile de arii naturale protejate

Categoriile în funcție de nivelul de declarare	Tipuri de AP incluse
De interes național	Rezervații științifice Parcuri naționale Parcuri naturale Monumente ale naturii Rezervații naturale

De interes comunitar sau situri Natura 2000	Situri de importanță comunitară - SCI Situri de protecție avifaunistică - SPA
De interes internațional	Rezervații ale Biosferei Zone Umede de Importanță Internațională - RAMSAR Situri Naturale ale Patrimoniului Natural Universal Geoparcuri
De interes local	Arii protejate de interes județean

În 2020, rețeaua de arii naturale protejate acoperă 23,5% din suprafața României, fiind reprezentată de trei categorii majore de arii naturale protejate:

1. *977 arii naturale protejate de interes național* (5.85 % din teritoriul național), respectiv 32 rezervații științifice - categoria Ia IUCN (16659 ha, 0,07% din teritoriul național), 13 parcuri naționale- categoria II IUCN (317419 ha, 1,63%), 916 monumente ale naturii și rezervații naturale - categoriile III și IV IUCN (292125 ha, 1,22%) și 16 parcuri naturale - categoria V IUCN (769373 ha, 3,23%). (Fig. 1 - 5)
2. *25 arii naturale protejate de interes internațional*, între care 3 rezervații ale biosferei (664446 ha, 2,8% din suprafața României), 19 zone umede de interes internațional - situri Ramsar (1156448 ha, 4,85%), 1 sit natural ale patrimoniului natural universal (312440 ha, 1,31%) și 2 geoparcuri (208392 ha, 0,87%). (Fig. 6 - 8)
3. *606 arii naturale protejate din rețeaua Natura 2000*, acoperind 60586,81 km² (22,8% din suprafața terestră a României), din care 171 arii de protecție specială avifaunistică - SPA (38746,45 km²), 435 situri de importanță comunitară - SCI (46501,81 km²) și 0 arii speciale de conservare - SAC). Acestea reprezintă 5,04% din suprafața SPA-urilor (6.75% din SPA-urile terestre și 0,75% din SPA-urile marine) și 4,42% din suprafața SCI-urilor (6.66% din SCI-urile terestre și 1,38% din SCI-urile marine) la nivelul rețelei Natura 2000 din Uniunea Europeană. (Fig. 9 - 10).

La acestea se adaugă ariile naturale protejate de interes local sau județean, declarate prin acte la nivelul autorităților publice locale ori județene.

Între categoriile de arii naturale protejate menționate anterior există o suprapunere destul de mare. În anul 2007, 96,19% din rețeaua națională de arii naturale protejate era inclusă în situri Natura 2000, iar 40.6% din SCI-uri și SPA-uri (18688 km²) erau suprapuse (Iojă *et al.*, 2010). Astfel, există numeroase arii naturale protejate care au mai multe tipuri de arii naturale protejate suprapuse. De exemplu, suprafețe din Delta Dunării (rezervație științifică, rezervație a biosferei, SCI, SPA, sit de patrimoniu natural universal, sit Ramsar), Munții Retezat (rezervație naturală, parc național, SCI, SPA, rezervație a biosferei), ori Porțile de Fier (rezervație naturală, parc natural, SCI, SPA, sit Ramsar).

În prezent, siturile Natura 2000 din România se suprapun pe o suprafață de 40,72%, rețeaua națională de arii naturale protejate fiind inclusă în rețeaua Natura 2000 în proporție de circa 98%.

Cât privește serviciile ecosistemice, acestea reprezintă beneficiile pe care comunitățile umane le obțin din ecosistemele pe care le utilizează. În practica curentă, sunt recunoscute trei categorii principale de servicii ecosistemice, care prezintă aplicabilitate și pentru România:

- a. *Servicii ecosistemice de aprovizionare.* Prezintă o relevanță foarte ridicată pentru ariile naturale protejate care concentrează numeroase tipuri de resurse naturale, foarte atractive economic atât datorită cantității, cât și calității lor. Cele mai atractive sunt resursele de spațiu (în special pentru conversia în terenuri agricole și construcții), resursele de apă, numeroase specii de plante și animale și produsele derivate din acestea (inclusiv fondul genetic), mineralele și rocile. Aceste resurse naturale sunt legate fie de acoperirea nevoilor de bază ale comunităților umane locale, fie de susținerea unor activități economice locale, regionale sau chiar globale.
- b. *Serviciile de reglare și suport* se referă la beneficiile pe care ecosistemele naturale, seminaturale și antropice le generează prin intermediul proceselor ce le asigură existența. Din această categorie, relevante sunt: (i) reglarea climatului, în special prin procesele de fotosinteză, respirație și evaporatie; (ii) reglarea compoziției aerului și filtrarea de noxelor, respectiv echilibrarea conținutului de gaze, a umidității atmosferice, absorbția pulberilor în suspensie și a noxelor rezultate prin procese de ardere și generare de energie; (iii) absorbția și stocarea carbonului; (iv) combaterea și moderarea hazardelor naturale (inundații, alunecări de teren, furtuni); (v) reglarea circuitului apei la scară locală, regională și globală; (vi) prevenirea eroziunii solurilor și menținerea fertilității lor; (vii) menținerea polenizării și (viii) menținerea stării de sănătate a ecosistemelor prin controlul natural al diseminării organismelor sau mutațiilor genetice.
- c. *Serviciile culturale* se referă la beneficiile pe care populația le obține direct din natură, respectiv recreere activă și pasivă, sănătate fizică și mentală, valoare estetică și spirituală.

Pentru asigurarea valorificării durabile a potențialului economic al ecosistemelor, este necesară evaluarea serviciilor ecosistemice, fiind necesară înțelegerea atât a ofertei existente (*supply*), cât și a cererii (*demand*) și a gradului de utilizare a acestora (*flow*). Astfel, bilanțul serviciilor ecosistemice este esențial să nu depășească capacitatea de suport a ecosistemelor naturale, seminaturale și antropice, pentru evitarea riscului de degradare a acestora. Astfel, menținerea ecosistemelor naturale, seminaturale și antropice și a serviciilor ecosistemice

asociate acestora depinde de asigurarea condițiilor optime pentru desfășurarea proceselor de evoluție, de păstrarea stării de echilibru dinamic și a capacității de regenerare, ce au la bază procese naturale, antropice și/sau hibride.

V. EVALUAREA IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA BIODIVERSITĂȚII, ARIILOR NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICIILOR ECOSISTEMICE ÎN ROMÂNIA

V.1 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității

V.1.1. *Aspecte generale privind impactul schimbărilor climatice asupra biodiversității*

S-au observat deja schimbări într-o gamă largă de componente ale sistemului climatic al Pământului și sunt prezise schimbări în curs, inclusiv în modelele și tendințele climatice pe termen lung, amploarea și frecvența evenimentelor meteorologice extreme acute și efecte secundare, cum ar fi pierderea calotelor marine de gheață și creșterea nivelului mării, însoțite de creșterea concentrației de dioxid de carbon din atmosferă și acidificarea oceanelor. Aceste schimbări au impact de anvergură asupra biodiversității, inclusiv la nivel de organism, subpopulație, specii și ecosistem. Proiecțiile arată că, chiar și în cele mai optimiste scenarii de emisii, efectele Schimbărilor Climatice (SC) asupra biodiversității vor fi din ce în ce mai severe în următorul secol și ulterior (Guisan and Theurillat, 2000; Bakkenes et al., 2002; Parmesan and Yohe, 2003; Foden and Young, 2016). În aceste condiții, sunt imperios necesare acțiuni care să susțină adaptarea speciilor și habitatelor vulnerabile pentru a le mări șansele de supraviețuire (EEA-European Environment Agency, 2018; Comisia Europeană, 2020).

Primul pas în această direcție este EVSC-Evaluarea Vulnerabilității la Schimbări Climatice (CCVA-Climate Change Vulnerability Assessment), analiză ce urmărește modul în care fiecare specie de interes conservativ este impactată de SC prin prisma scenariilor climatice și prognozează capacitatea de adaptare și dinamica spațială viitoare a speciei. În acest mod se pot evidenția speciile ce au probabilitate ridicată de a fi puternic impactate și a ariilor de distribuție a acestora unde este posibil să fie depășită capacitatea lor de adaptare. Pentru aceste specii sunt necesare acțiuni de management care să le faciliteze adaptarea și la noile condiții climatice și să le asigure conservarea pe termen lung.

Tipurile de abordări ale evaluării vulnerabilității la SC (corelative, bazate pe caracteristici ale speciilor (trait-based), mecaniciste și combinate, cât și metricile utilizate

pentru estimarea acestei vulnerabilități (sistemele relative de comparație, precum indicii, schimbările de areal, schimbările populației și probabilitatea de extincție) sunt prezentate detaliat în ghidul elaborat recent de specialiștii IUCN (Foden and Young, 2016).

Etapile evaluării vulnerabilității includ: stabilirea scopurilor acestui proces (motivul principal al evaluării, audiența vizată, deciziile care se dorește a fi influențate pe baza rezultatelor) și obiectivelor evaluării (grupul taxonomic vizat, teritoriul/extinderea spațială vizată, intervalul de timp luat în considerare). Acestea sunt urmate de selectarea uneia dintre abordările EVSC posibile, pe baza evaluărilor existente, a corespondenței cu obiectivele stabilite, a resurselor disponibile. Ulterior, se aleg metodele de aplicare a abordării alese. Există cazuri (cum sunt speciile puțin cunoscute, sau cele cu areal redus sau în scădere), care necesită abordări specifice.

Odată ce a fost selectată abordarea, metoda de aplicare a acesteia și parametrii optimi, se poate trece la alegerea și utilizarea datelor de intrare, ce includ extinderea spațială a zonei de interes și rezoluția la care se va realiza analiza, intervalul de timp pentru care se realizează predicțiile, seturile de date climatice disponibile, seturile de date ce includ distribuția actuală a speciilor, caracteristicile acestora (traits), datele asupra disponibilității habitatelor necesare acestor specii (Foden and Young, 2016).

Pentru a putea estima dinamica distribuției spațiale a speciilor și habitatelor în contextul SC, s-au dezvoltat modele bioclimatice la scară locală regională sau globală (Guisan, Weiss and Weiss, 1999; Guisan and Theurillat, 2000; Guisan, Edwards and Hastie, 2002; del Barrio *et al.*, 2006; Pottier *et al.*, 2014).

Primele studii care abordează modelarea schimbărilor de distribuție a arealului speciilor/habitatelor corelate cu modificările climatice au utilizat instrumente software precum BIOCLIM (Busby, 1991) și DOMAIN (Carpenter, Gillison and Winter, 1993).

Modelele de predicție privind modificarea distribuției speciilor cauzate de SC au evoluat de la cele mai simple, cum ar fi BIOCLIM, la instrumente statistice mai performante, precum *Generalized Additive Modeling* și *MaxEntropy* (Guisan and Zimmermann, 2000; Elith *et al.*, 2006). Au fost create proiecții climatice cu rezoluție spațială mai bună, de 1-50 km pentru unele țări. Aceste proiecții la scară fină au fost puse la dispoziție pe scară largă pentru modelarea biologică. Astfel, unele dintre aceste date bioclimatice pot fi descărcate de pe website-ul WorldClim⁴ (Hijmans *et al.*, 2005) și utilizate pentru modelarea și predicția evoluției climatului dintr-o anumită regiune și corelarea cu modelele aferente nișelor ecologice ale speciilor și/sau habitatelor din ariile protejate.

Progresele mai recente efectuate pentru dezvoltarea de software-uri de Modelare a Distribuției Speciilor (SDM-Species Distribution Models) cum ar fi MaxEnt (Phillips and Dudík, 2008), face posibilă prezicerea distribuției speciilor endemice, rare sau vulnerabile (Loarie *et al.*, 2008; Raes *et al.*, 2009), a habitatelor (Riordan and Rundel, 2009) și asistă la evaluarea impactului potențial al schimbărilor globale asupra biodiversității (Thomas *et al.*, 2004; Thuiller, 2004). MaxEnt este bazat pe un algoritm de antrenare automată care generează distribuția potențială a speciilor utilizând datele de prezență certă a speciilor, precum și cele de absență ale acestora.

⁴ <http://www.worldclim.com/>

O abordare alternativă a fost utilizată în Australia, unde s-a dezvoltat un ghid pentru EVSC (Johnston *et al.*, 2014). Acesta, împreună cu seturile de date și hărțile asociate este focalizat pe a evalua amploarea și tipul schimbărilor în biodiversitate. Pentru a sintetiza modificarea biodiversității ghidul introduce conceptul de „similaritate ecologică” ce permite evaluarea potențialului schimbărilor majore ale biodiversității, în ansamblu, ca răspuns la schimbarea climatului și a utilizării terenurilor. Ghidul utilizează o formă de modelare la nivel de comunitate care ia în considerare implicațiile SC asupra tuturor speciilor simultan în cadrul unui singur proces integrat. Pe baza similarității ecologice se propun patru măsuri specifice, fiecare oferind o viziune diferită asupra nivelului și tipului de schimbare probabilă a biodiversității. Aceste măsuri ce vizează întreaga biodiversitate prezintă o perspectivă diferită asupra modului în care anumite grupuri biologice pot răspunde la SC și a implicațiilor asupra modului în care managerii pot să intervină.

Odată ce EVSC au fost realizată, rezultatele acestora trebuie interpretate din perspectiva obiectivelor stabilite anterior, a datelor de intrare disponibile și a parametrilor aleși pentru EVSC. Este importantă accentuarea unor aspecte problematice în utilizarea EVSC, cum este existența atât a impacturilor directe cât și a celor indirecte a SC asupra speciilor, precum și procesul de interpretare a datelor de ieșire spațiale ce rezultă din modele. În acest context este esențială înțelegerea și luarea în considerație a incertitudinilor ce sunt inerente acestor predicții. Acestea derivă atât din datele de distribuție și abundență ale speciilor, din proiecțiile climatice și datele pe care se bazează acestea, din alegerea variabilelor bioclimatice, din datele potențial incomplete asupra nișei speciilor, a caracteristicilor acestora și a datelor demografice, cât și din abordările selectate și metodele de aplicare ale acestora. Ținând cont de aceste surse de incertitudine, pasul final este validarea EVSC realizate. Este importantă și modalitatea de comunicare a acestor rezultate, ce trebuie să fie adecvată auditoriului vizat și să fie realizată într-o manieră care să mărească șansele de acceptare a informațiilor și impactul acestora.

Există mai multe direcții de urmat pentru validarea predicțiilor și îmbunătățirea, pe viitor, a acestora, îndeosebi prin îmbunătățirea seturilor de date, a modelelor care le interconectează, a conceptelor utilizate și prin utilizarea avantajelor oferite de noile tehnologii din domeniul geneticii ce avansează rapid. Se pune de asemenea accentul pe îmbunătățirea schimburilor de informație între cercetătorii din domeniul conservării naturii și comunitățile ce pun în practică informațiile rezultate, pe utilizarea optimă a EVSC pentru planurile de conservare și pe explorarea implicațiilor dinamicii viitoare a speciilor asupra vieții comunităților umane (Foden and Young, 2016).

Interpretarea rezultatelor EVSC permite predicția răspunsului diferitelor specii la scenariile climatice. Recent (2021), raportul unui workshop co-finanțat de către două organisme ale ONU (IPBES și IPCC) a prezentat impactul și riscurile SC (pe diferite orizonturi de timp și pentru diferite niveluri de încălzire, cum ar fi 1,5°C, 2°C, 3°C și 4°C, comparativ cu perioada preindustrială) asupra biodiversității terestre, de apă dulce și marină și asupra serviciilor aduse de natură oamenilor și calității vieții acestora. Au fost analizate și feedback-urile schimbărilor plauzibile ale biodiversității asupra caracteristicilor și SC (Pörtner *et al.*, 2021).

SC pot să conducă la scăderea și degradarea structurii și funcțiilor habitatelor/speciilor dar și să determine extindere arealului de distribuție a speciilor invazive (Morecroft and Speakman, 2015). În contextul SC, efectele observate sunt răspândirea și persistența speciilor de plante invazive în habitatele naturale și interferența negativă a acestora asupra structurii habitatelor. Aceste specii oportuniste sunt avantajate de SC și își pot extinde arealul și rata de supraviețuire în detrimentul biodiversității native (HABIT-CHANGE, 2014).

Un raport succint prezintă impactul SC asupra speciilor terestre și de apă dulce, habitatelor și ecosistemelor din Marea Britanie, dar, de asemenea și cele mai bune dovezi științifice disponibile ale mecanismelor care provoacă SC și efectelor posibile din viitor. Rezumatul este susținut printr-o serie de lucrări tehnice scrise de experți în domeniu, sub supravegherea unui grup de lucru de oameni de știință seniori. Raportul prezintă dovezi puternice ale impactului SC asupra biodiversității UK, impact care este foarte probabil să se intensifice odată cu magnitudinea SC. S-a observat extinderea multor specii spre nord, inclusiv a speciilor ce au colonizat UK din Europa continentală, dar și mutarea unor specii spre altitudini mai înalte. Aceste schimbări de distribuție diferă între specii, probabil reflectând atât caracteristicile intrinseci ale speciilor cât și efectele fragmentării habitatelor care încetinesc dispersia speciilor. Unele specii cu timp de generație redus demonstrează deja adaptări la CC, dar multe dintre ele, mai ales cele cu diversitate genetică scăzută și reproducere lentă este puțin probabil să se poată adapta destul de rapid pentru a ține pasul cu CC.

Schimbări au fost detectate și la nivelele superioare de organizare, în compoziția unor comunități vegetale, animale sau microbiene, din cauza răspunsului diferit al diverselor specii la temperaturile în creștere. De asemenea, populațiile unor specii și habitatele au fost afectate de variațiile mari ale precipitațiilor și de evenimentele climatice extreme, în special secetele. Schimbările ce se prevăd în acești factori ar putea avea un impact major asupra biodiversității și ecosistemelor cu variații regionale semnificative. Unele habitate sunt deosebit de sensibile la CC, riscurile cele mai mari în UK sunt estimate pentru habitatele montane (datorită temperaturilor crescute), zonele umede (afectate de schimbările în regimul hidric) și habitatele costiere (din cauza ridicării nivelului mării). În ultimele decenii chiar și ciclurile de viață ale multor specii s-au modificat, ca urmare a primăverilor mai calde și toamnelor târzii, ce determină extinderea perioadei de vegetație. Aceste schimbări au și un puternic caracter regional, ce rezultă din combinarea speciilor diferite, a climatelor, solurilor și modurilor diferite de utilizare și management al terenului (Morecroft and Speakman, 2015).

Efectele negative ale SC asupra pădurilor au fost evaluate și sunt deja evidente în multe locuri, fiind amenințată o gamă de bunuri esențiale (lemnoase și non-lemnoase) și de servicii servicii de mediu furnizate de păduri, de care depind parțial sau total aproximativ 1,6 miliarde de oameni. În timp ce unele dintre problemele asociate cu SC apar treptat, este nevoie de acțiuni imediate pentru a consolida rezistența pădurilor și perpetuarea mijloacelor de trai ale oamenilor. Evaluarea vulnerabilității pădurilor și a oamenilor dependenți de pădure a permis practicienilor să identifice riscurile prezentate de CC și să dezvolte opțiuni de adaptare axate pe cele mai vulnerabile zone și categorii de persoane (FAO and CIFOR, 2019).

Încă din 2008, un colectiv internațional de cercetători, cu susținerea United Nations Environment Programme (UNEP) a redactat un raport extensiv asupra evaluării habitatelor de turbărie și a biodiversității găzduite de acestea în contextul schimbărilor climatice (Parish *et al.*, 2008). Acesta detaliază caracteristicile particulare ale turbăriilor, importanța lor pentru umanitate și interacțiunile cu comunitatea umană, și răspunsul acestor habitate la SC din trecut, ale căror mărturii pot fi observate și cercetate în straturile vechi de turbă. În plus, cercetătorii subliniază importanța turbăriilor ca și păstrătoare a biodiversității, a rolului lor de stocare a carbonului dar și de emisie, în anumite condiții a mai multor gaze cu efect de seră. Partea principală a raportului este reprezentată de evaluarea impactului SC, în contextul scenariilor elaborate la acel moment, asupra turbăriilor, prin intermediul creșterii temperaturii, al modificărilor regimului precipitațiilor cu toate consecințele acestuia și ca urmare a creșterii concentrației dioxidului de carbon în aer.

Pe baza informațiilor rezultate din EVSC și analizând exemplele existente în alte părți ale globului, se pot propune măsuri care să susțină adaptarea speciilor și habitatelor la SC. Aceste măsuri trebuie luate urgent deoarece se pare că efectele SC sunt neașteptat de rapide. O meta-analiză recentă (Nunez *et al.*, 2019) a sumarizat 97 de studii referitoare la dinamica populațiilor speciilor din diverse zone ale globului și a calculat două metrici importante (fracția din speciile rămase-FRS și fracția din arealul rămas- FRA) pentru a evalua răspunsul distribuției speciilor în condițiile ritmului actual de CC. Concluzia studiului este că deja la niveluri moderate (1-2 °C) de creștere a temperaturii se proiectează o scădere semnificativă a biodiversității inițiale. Aceste rezultate sprijină angajamentul de a limita SC la 1,5 °C și, de preferință, mai mici pentru a proteja biodiversitatea.

În cazul Australiei, evaluarea răspunsului biodiversității la CC (Johnston *et al.*, 2014) a fost urmată de explorarea aspectelor strategice și fazelor de implementare ale planificării, cu un accent mai specific asupra opțiunilor potențiale de adaptare, în ghidul axat pe susținerea adaptării biodiversității la CC (Prober *et al.*, 2015). Acest ghid explică necesitatea unor noi principii care să sprijine deciziile de conservare a biodiversității în climatul în schimbare și oferă o trusă de instrumente pentru a conecta noile principii specifice climatului cu obiective și acțiuni strategice și introduce câteva măsuri noi pentru evaluarea unora dintre acțiunile potențiale pentru a ajuta biodiversitatea să se adapteze la SC. Ghidul urmărește să inițieze schimbul de idei între managerii de resurse naturale, factorii de decizie politică și publicul larg. Fiind prea devreme pentru stabilirea unui set de principii, ghidul oferă idei pentru a susține planificarea în acest moment. Acestea includ optimizarea proceselor ecologice, menținerea caracterului evolutiv local al biotei și celui regional al biodiversității, minimizarea pierderii de specii la nivel național, promovarea planificării adaptării inter-sectoriale. Ghidul prezintă noi modele și hărți pentru proiectarea și explorarea opțiunilor de adaptare pentru gestionarea biodiversității în condițiile CC. De asemenea, prezintă tipurile de date, arată cum pot acestea să fie explorate la scară națională, regională și locală și explică interpretarea lor. În final, oferă exemple despre cum pot fi utilizate aceste informații, cu accent deosebit pe planificarea strategică și fazele de implementare în conexiune cu principiile specifice pentru climă și obiectivele strategice.

Există deja dovezi clare ale influenței deciziilor de management ale terenurilor asupra impactului CC asupra speciilor și ecosistemelor (Morecroft and Speakman, 2015). Ariile protejate pot mări șansele speciilor de-a persista sau de a se extinde în condițiile CC. Totuși, adaptarea la CC va implica și măsuri de îmbunătățire a rezilienței ecosistemelor pe scară mai largă, la nivel teritorial.

Pentru habitatele de turbărie, Parish *et al.*, (2008) prezintă particularitățile de conservare și strategiile complexe de management (de la măsuri fizice, locale și până la modificarea politicilor existente în domeniu) necesare pentru protecția pe termen lung a turbăriilor în condițiile modificărilor climatice.

Pe baza cunoștințelor științifice, precum și a celor indigene și locale Pörtner *et al.*, (2021) au căutat modalitățile de a atinge obiectivele legate atât de CC cât și de biodiversitate. Au fost de asemenea analizate oportunitățile, provocările și riscurile opțiunilor de atenuare a CC și de adaptare la acestea și de asemenea impactul posibil al conservării biodiversității și al practicilor de utilizare durabilă asupra emisiilor de gaze cu efect de seră (feedback-ul climatic). Raportul cuprinde de asemenea o evaluare a sinergiilor, compromisurilor și eficacității politicilor și structurilor de guvernare care abordează simultan SC și pierderea biodiversității la toate scările, inclusiv în zonele urbane și discutarea incertitudinilor științifice cheie.

O notă de informare a UN Environment pentru industria extractivă pune în evidență răspunsul speciilor la SC ce trebuie să fie luat în considerare pentru strategiile de management ale biodiversității. Se prezintă ierarhia măsurilor de atenuare rezilientă a impactului activităților industriale asupra speciilor și sunt discutate mai multe studii de caz ce exemplifică aplicarea acestor strategii în diferite zone ale planetei (UNEP-WCMC, 2017).

SC și scăderea biodiversității sunt provocările majore ale timpului nostru. Ambele sunt cauzate în principal de activitățile umane, cu consecințe profunde pt oamenii și ecosistemele de care depindem. Nivelul cel mai înalt de analiză este cel al politicilor care adresează aceste probleme, însă o coordonare perfectă între diferitele politici este esențială. Unele politici sunt benefice în ambele domenii, contribuind, de asemenea, la atenuarea și adaptarea la SC conservarea și restaurarea biodiversității, în timp ce altele pot să fie pozitive într-un domeniu, dar să afecteze negativ celălalt. Informarea Royal Society (Royal Society, 2021) examinează aceste interconexiuni și conturează modul în care măsurile care susțin biodiversitatea au potențialul pentru a sprijini acțiunea climatică și modul în care unele aspecte ale acțiunilor climatice pot sprijini biodiversitatea. Se discută, de asemenea, cazurile unde abordarea necorespunzătoare a unui domeniu poate submina eforturile de a-l susține pe celălalt.

V.1.2. Aspecte practice privind impactul schimbărilor climatice asupra biodiversității

S-au observat deja schimbări într-o gamă largă de componente ale sistemului climatic al Pământului și sunt prezise schimbări în curs, inclusiv în modelele și tendințele climatice pe termen lung, amploarea și frecvența evenimentelor meteorologice extreme acute și efecte secundare, cum ar fi pierderea calotelor marine de gheață și creșterea nivelului mării, însoțite de creșterea concentrației de dioxid de carbon din atmosferă și acidificarea oceanelor. Aceste schimbări au impact de anvergură asupra biodiversității, inclusiv la nivel de organism, populație, specii și ecosistem. Proiecțiile arată că, chiar și în cele mai optimiste scenarii de emisii, efectele Schimbărilor Climatice (SC) asupra biodiversității vor fi din ce în ce mai severe în următorul secol și ulterior (Guisan and Theurillat, 2000; Bakkenes et al., 2002; Parmesan and Yohe, 2003; Foden et al., 2013; Nunez et al., 2019; Pilotto et al., 2020; Pörtner et al., 2021). În aceste condiții, sunt imperios necesare acțiuni care să susțină adaptarea speciilor și habitatelor vulnerabile pentru a le mări șansele de supraviețuire (EEA-European Environment Agency, 2018; Comisia Europeană, 2020).

Primul pas în această direcție este EVSC-Evaluarea Vulnerabilității la Schimbări Climatice (CCVA-Climate Change Vulnerability Assessment), analiză ce urmărește modul în care fiecare specie de interes conservativ este impactată de SC prin prisma scenariilor climatice și prognozează capacitatea de adaptare și dinamica spațială viitoare a speciei. În acest mod se pot evidenția speciile ce au probabilitate ridicată de-a fi puternic impactate și a ariilor de distribuție a acestora unde este posibil să fie depășită capacitatea lor de adaptare. Pentru aceste specii sunt necesare acțiuni de management care să le faciliteze adaptarea și la noile condiții climatice și să le asigure conservarea pe termen lung.

V.1.2.1. Metode de evaluare a vulnerabilității climatice pentru biodiversitate

Tipurile de abordări ale evaluării vulnerabilității la SC (corelative, bazate pe caracteristici ale speciilor (trait-based), mecaniciste și combinate), cât și metricile utilizate pentru estimarea acestei vulnerabilități (sistemele relative de comparație, precum indicii, schimbările de areal, schimbările populației și probabilitatea de extincție) sunt prezentate detaliat în ghidul elaborat recent de specialiștii IUCN (Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016).

V.1.2.1.1 Metode corelative de evaluare a vulnerabilității climatice

Abordările corelative (modele de distribuție a speciilor sau bazate pe nișă) pentru EVSC au început să fie folosite la începutul anilor 1990. Ele implică corelații între aria de distribuție a fiecărei specii și climatul său istoric pentru a estima cerințele sale climatice (nișa climatică). Pe baza acestor informații și a proiecțiilor viitoare legate de climă, modelele pot prezice zonele geografice cu climat potențial potrivit speciilor în viitor. Aceste date trebuie să fie evaluate în contextul posibilităților de dispersie ale speciilor către aceste zone și a celorlalte condiții biotice sau abiotice existente. În acest caz, vulnerabilitatea este dedusă de obicei din diferențele prezise între mărimea și localizarea acestor zone și în mod ocazional din modificări ale fragmentării (Foden and Young, 2016; de los Ríos, Watson and Butt, 2018; Foden *et al.*, 2019).

Una dintre problemele prezentate de aceasta abordare este presupunerea că distribuția speciilor este în echilibru cu climatul în care acestea trăiesc, ignorând însă rolul interacțiunilor inter-specifice, și limitările impuse de disponibilitatea habitatelor, barierele geografice și cele antropice. Performanța acestor modele este slabă pentru speciile cu distribuție îngustă (ce sunt în mod tipic cele mai amenințate) atât deoarece există o probabilitate mai redusă de impact climatic asupra distribuției acestora dar și din cauza specificului acestor modele, ce necesită din punct de vedere statistic multe prezențe spațiale independente ale speciilor. Totuși, aceste tipuri de modele au avut rezultate bune în predicția schimbărilor de areal determinate climatic ce au avut loc deja și a abundenței populațiilor. Avantajele includ și faptul că nu necesită informații legate de biologia speciilor și oferă rezultate spațiale explicite (Guisan and Zimmermann, 2000; Guisan, Edwards and Hastie, 2002; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Sunt disponibile mai multe modele, precum *MaxEntropy* (Phillips and Dudík, 2008), *BIOMOD*⁵ (Thuiller *et al.*, 2009) sau Inițiativa Wallacea⁶ (Warren *et al.*, 2013; Warren *et al.*, 2013), cu interfață “prietenosă”, pentru aplicarea mai multor metode corelative.

V.1.2.1.2 Metode de evaluare a vulnerabilității climatice bazate pe caracteristicile biologice ale speciilor

⁵ <http://www.will.cherz-alice.fr/Software.html>

⁶ <https://wallaceinitiative.org/resources>

Evaluarea vulnerabilității ce se bazează pe **caracteristicile biologice** (TVA -Trait-based vulnerability assessments) folosește caracteristicile speciilor pentru a le estima sensibilitatea și capacitatea de adaptare la schimbările climatice, combinând, de obicei, aceste caracteristici cu estimarea gradului lor de expunere la schimbări climatice. Aceasta metodă necesită date biologice și de obicei și date de distribuție la scară largă, cum sunt hărțile arealului de distribuție (Pacifici *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018). Informațiile biologice asupra grupului taxonomic de interes permit parametrizarea modului și măsurii în care caracteristicile biologice individuale sunt legate de EVSC dar și evaluarea fiecărei specii în funcție de posesia unor astfel de caracteristici.

Expunerea poate fi estimată cu ajutorul modelării SIG, a unor interfețe web “prietenos” ce prezintă proiecțiile climatice generalizate (de exemplu cele de la <http://www.climatewizard.org/>), numeroase programe sau limbaje statistice (R-cran, Python, MatLAB) și uneori pe baza informațiilor experților. În cazul în care informațiile de distribuție lipsesc sau acolo unde sunt necesare doar evaluări simple sau preliminare, evaluarea expunerii poate fi omisă. În continuare, sensibilitatea, capacitatea adaptativă și dacă e posibil scorul de expunere sunt combinate pentru a încadra specia într-o categorie de vulnerabilitate.

Abordările bazate pe caracteristicile speciilor sunt larg utilizate pentru a facilita prioritizarea speciilor pentru intervențiile de conservare. Întrucât nu pot prezice arealul climatic favorabil viitor al speciilor, în domeniul planificării conservării spațiale utilitatea lor este mai limitată. De asemenea, pragurile precise de vulnerabilitate asociate fiecărei caracteristici sunt arareori cunoscute, ceea ce necesită estimarea sau selecția unor valori relative arbitrare (Pacifici *et al.*, 2017; Foden *et al.*, 2019).

Există opinii diferite atât asupra combinării scorurilor diverselor caracteristici pentru a evalua expunerea, sensibilitatea sau capacitatea de adaptare cât și a combinării acestora în scoruri generale de vulnerabilitate și multe abordări le oferă importanță echivalentă deși probabil unele caracteristici sunt mai importante decât altele pentru determinarea vulnerabilității climatice (Gross *et al.*, 2016; Pacifici *et al.*, 2017; Foden *et al.*, 2019). O altă limitare este dată de specificitatea taxonomică ridicată a multor caracteristici ceea ce împiedică, pentru multe metode, comparația directă a vulnerabilității între diverse grupuri taxonomice. Deși au fost printre primele metode propuse, evaluările bazate pe caracteristicile speciilor au ajuns larg cunoscute și aplicate recent, fiind astfel doar parțial validate. Cu toate acestea, sunt din ce în ce mai utilizate de către organizațiile conservacioniste și agențiile de management deoarece permit o evaluare relativ rapidă a vulnerabilității pentru multiple specii, nu necesită neapărat expertiză în modelare și deoarece implicarea experților și ușurința de înțelegere și aplicare le face foarte populare. Alte avantaje sunt cuprinderea mai multor mecanisme de impact al schimbărilor climatice asupra speciilor iar utilizarea caracteristicilor biologice ale speciilor este pe direcția recunoașterii tot mai largi a nevoii de a ține seama de răspunsurile individuale ale speciilor la schimbările climatice. Mai mult, sunt aplicabile tuturor speciilor, indiferent de mărimea arealului acestora; acest fapt, împreună cu nevoia relativ redusă de informații detaliate de distribuție permite să fie aplicate larg pentru membrii unor întregi grupuri taxonomice, fiind astfel utile îndeosebi pentru evaluările conservacioniste de scară mare (Foden and Young, 2016; Pacifici *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

V.1.2.1.3 Metode mecaniciste de evaluare a vulnerabilității climatice ale speciilor

Modelele mecaniciste (bazate pe procese) prezic răspunsurile probabile ale speciilor la condițiile de mediu în schimbare prin încorporarea unor procese biologice cunoscute, praguri și interacțiuni (Morin and Thuiller, 2009). Modelele mecaniciste ale nișelor folosesc estimări ale toleranțelor fiziologice ale speciilor, provenite de obicei din observații de laborator și de teren sau din ecuații de echilibru energetic, pentru a estima parametrii de nișă. Astfel, ele oferă o aproximare a nișei potențiale sau fundamentale, evitându-se limitarea ce apare în abordările corelative datorită presupunerii că speciile sunt într-o stare de echilibru cu mediul lor (Morin and Thuiller, 2009; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Modelele mecaniciste sunt capabile să cuprindă o gamă largă a mecanismelor de impact climatic, inclusiv schimbările în disponibilitatea resurselor, utilizarea terenului, prădare, competiție și condițiile de habitat. Pot include caracteristici specifice speciei, cum ar fi distanțele de dispersie, longevitate, fecunditate, dependență de densitate, factori morfologici, genetici etc. Ele pot include, de asemenea, interacțiuni între mecanisme precum schimbarea utilizării terenurilor și schimbările climatice. Alte modele mecaniciste iau în considerare modificări în distribuția și dinamica vegetației folosind grupuri de specii bazate pe bioclimatică și parametrii fiziologici (Morin and Thuiller, 2009; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Punctele forte ale acestor modele includ capacitatea lor de a face posibilă înțelegerea mecanicistică a proceselor care guvernează vulnerabilitatea la schimbările climatice, oferirea unei modalități credibile de a prognoza răspunsul la situații noi și formează baza pentru identificarea implicațiilor răspunsurilor pentru acțiunile de management. Acestea includ o serie de mecanisme de impact ale schimbărilor climatice, iau în considerare trăsăturile biologice individuale ale speciilor și pot fi aplicate la specii îngust răspândite. Cu toate acestea, cerințele lor în general mari legate de date fiziologice, demografice și de distribuție și de aici și costul lor relativ ridicat, este un factor limitativ semnificativ în aplicarea acestora (Morin and Thuiller, 2009; Foden and Young, 2016; Wheatley *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

V.1.2.1.4 Metodele mixte: corelativ-mecaniciste de evaluare a vulnerabilității climatice ale speciilor

Abordările de mai sus sunt cele mai frecvent utilizate în evaluările de vulnerabilitate însă există un consens din ce în ce mai strâns ce susține **combinarea abordărilor** pentru modele care surprind avantajele fiecăruia (de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Abordările corelative și cele bazate pe caracteristicile speciilor sunt de obicei combinate în două moduri. În primul rând, trăsăturile sunt folosite pentru a crea modele biologice corelative mai realiste și seturi de date ce includ distanțele de dispersie, lungimea generațiilor și preferințele de habitat etc, ce sunt apoi folosite pentru a îmbunătăți estimările legate de expunerea speciilor și/sau dinamica arealului (Guisan *et al.*, 2013; Foden *et al.*, 2019).

Prevalența anumitor caracteristici a fost de asemenea folosită pentru a identifica speciile și regiunile în care modelele corelative pot subestima sau supraevalua vulnerabilitatea la schimbările climatice. În a doua abordare, rezultatele modelelor corelative pot fi incluse în abordările bazate pe caracteristicile speciilor pentru a contribui la evaluările generale ale vulnerabilității. Prin integrarea expunerii calculate cu modelele corelative, indicii derivați pe baza caracteristicilor speciilor dobândesc estimări mai fiabile ale riscurilor prezentate de schimbările climatice, cuprinzând atât factorii intrinseci cât și pe cei extrinseci. Rezultatele modelelor corelative pot fi utilizate pentru a proiecta spațiul climatic adecvat al unei specii în

diferite etape de timp în viitor, în timp ce modelele mecaniciste pot fi utilizate pentru a proiecta impacturile rezultate privind adecvarea habitatului și dinamica populației rezultate din aceste schimbări în peisaje (Morin and Thuiller, 2009; Foden and Young, 2016; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Există și metode bazate pe criterii, ce reprezintă o abordare combinată dintre caracteristicile speciilor cu metodele corelative și mecaniciste. Schimbările observate legate de specii, schimbările prognozate (obținute din modele corelative/mecaniciste) și caracteristicile speciilor au fost utilizate pentru EVSC în UK. Similar cu Lista Roșie a IUCN, diferitele surse de informații au fost combinate printr-un sistem bazat pe criterii ce clasifică speciile în categorii de vulnerabilitate în funcție de mai multe valori prag cantitative (Foden and Young, 2016).

V.1.2.2. Metrici pentru estimarea vulnerabilității biodiversității la schimbările climatice

Aceste abordări produc diferite **metrici ale vulnerabilității** la schimbări climatice, ce includ: indici de vulnerabilitate și alte sisteme relative de comparație, schimbările de areal, schimbările populaționale și estimarea unor probabilități de extincție (Pacifiți *et al.*, 2017).

Indicii pot fi derivați direct în cazul modelelor ce includ caracteristicile speciilor sau criterii sau pot fi dezvoltați prin integrarea sau clasificarea oricăreia dintre celelalte metrici. Sunt adesea subiectivi însă pot fi ușor comunicați publicului larg și factorilor de decizie.

Schimbările de areal sunt puse în evidență de către modelele corelative și de modelele de nișă mecaniciste și deduc schimbările potențiale de distribuție pe baza optimului climatic al unor specii într-o zonă a arealului lor. Întrucât posibilitățile de dispersie, colonizare și supraviețuire în noile zone de optim sunt foarte importante pentru specii, includerea acestor informații oferă o predicție mai robustă. Metricile de distribuție includ suprafața totală a arealului, suprapunerea dintre arealul prezent și cel viitor și rata de modificare a nișei climatice în viitor (Foden and Young, 2016; Pacifiți *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

Schimbările în populații pot fi deduse din schimbările ce apar în habitatul specific, evaluate prin modele corelative și mecaniciste, sau pot fi proiectate din tendințele trecute, nișă climatică sau alte date semnificative prin intermediul modelelor mecaniciste. Trebuie însă să se țină seama și de distribuția neomogenă inițială a speciilor ce poate modifica rata de dispersie și colonizare. Atunci când sunt cunoscute caracteristicile populațiilor referitoare la istoria vieții (life history), **probabilitatea de extincție** poate fi derivată din modelele mecaniciste, evoluționiste sau din analize ale viabilității populaționale (Foden and Young, 2016; Pacifiți *et al.*, 2017; Wheatley *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

V.1.2.3 Scopurile și obiectivele evaluării vulnerabilității biodiversității la schimbări climatice

Evaluarea vulnerabilității climatice începe prin stabilirea scopurilor acestui proces (motivul principal al evaluării, audiența vizată, deciziile care se dorește a fi influențate pe baza rezultatelor) și obiectivelor evaluării (grupul taxonomic vizat, teritoriul/extinderea spațială vizată, intervalul de timp luat în considerare) (Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016).

1. Definirea scopului EVSC

Definirea unor scopuri clare pentru EVSC asigură că rezultatele analizei vor împlini nevoile existente, că evaluările nu vor trebui repetate în scurt timp, că proiectul poate fi completat într-o perioadă de timp rezonabilă fără costuri neplanificate și că rezultatele vor avea impact asupra audienței selectate.

Scopul principal pentru EVSC este în cazul nostru determinarea gradului de vulnerabilitate la schimbări climatice al speciilor protejate din România, ce poate servi și ca și date de intrare pentru procesul de planificare al adaptării climatice.

Audiența vizată poate fi reprezentată de factorii de decizie politică, administratorii de resurse, oamenii de știință sau publicul general. Specificul EVSC trebuie adaptat audienței în ceea ce privește alegerea metodelor, nivelul de rigoare, stilul de raportare și chiar obiectivele stabilite.

Modul în care audiența selectată se angajează în procesele de planificare și management reprezintă cheia dezvoltării obiectivelor EVSC, întrucât rezultatele evaluării au șanse mai mari de-a avea impact dacă se aliniază cu nevoile de management ale audienței.

2. Definirea obiectivelor EVSC

Există șase **obiective ale EVSC**, ce constau în identificarea (pentru grupurile taxonomice, regiunile și perioadele specificate) a informațiilor legate de:

1. Care sunt speciile cele mai vulnerabile
2. Cât de vulnerabile sunt speciile (magnitudinea vulnerabilității)
3. De ce sunt vulnerabile speciile
4. Unde sunt speciile vulnerabile
5. Când devin speciile vulnerabile
6. Ce informații mai lipsesc pentru îmbunătățirea EVSC

Este importantă selectarea unor **niveluri adecvate** obiectivelor propuse, întrucât vor avea o influență directă asupra abordărilor, metodelor și resurselor necesare EVSC. Astfel, este necesară stabilirea clară a unui **nivel taxonomic** (specie, subspecie etc.), de obicei nivelul de specie fiind cel mai utilizat întrucât în general corespunde unor caracteristici biologice relativ constante.

Extinderea spațială a analizei poate cuprinde arealul unui taxon, un sit, de exemplu o arie protejată sau o rețea de situri, o unitate politică sau administrativă sau chiar scări spațiale mai largi. **Extinderea temporală** se selectează în funcție de necesitățile existente. În cazul abordărilor la nivel de taxon, este important să se țină seama de timpul de generație, speciile cu durată lungă de viață necesitând proiecția pe intervale mai lungi de timp. Însă odată cu creșterea intervalului, crește și incertitudinea proiecțiilor climatice, însă gradul de încredere în proiecția vulnerabilității poate să crească la rândul său (Guisan, Edwards and Hastie, 2002; Foden and Young, 2016; de los Ríos, Watson and Butt, 2018; Pilotto *et al.*, 2020).

V.1.2.4. Recomandări pentru aplicarea metodelor de evaluare a vulnerabilității biodiversității

După stabilirea obiectivelor și a nivelelor la care se va aplica EVSC, se poate selecta una dintre abordările/metodele EVSC posibile, pe baza evaluărilor existente, a corespondenței cu obiectivele stabilite și a resurselor disponibile (Fig. 5.1.1).

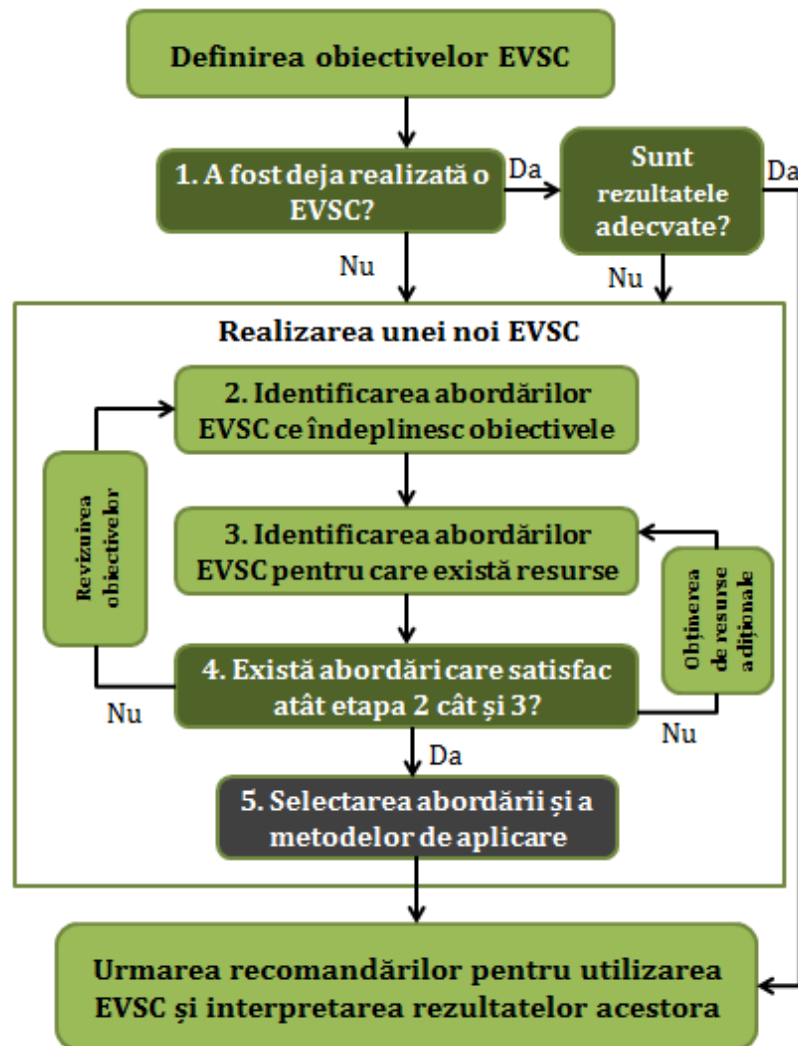


Figura 9. Etapele conceptuale pentru evaluarea vulnerabilității biodiversității (adaptat după Foden and Young, 2016)

Etapa 1. Identificarea și evaluarea EVSC existente

Este esențială explorarea publicațiilor de specialitate pentru a vedea dacă a fost deja realizată EVSC asupra speciilor, siturilor sau regiunii de interes și dacă datele sunt accesibile și potrivite scopului propus.

Etapa 2. Identificarea abordărilor/metodelor EVSC ce îndeplinesc obiectivele

Dacă nu se găsesc EVSC adecvate obiectivelor propuse, se va trece la realizarea unei EVSC proprii, în funcție de obiectivele propuse și resursele disponibile. Pentru asta, se vor lua în calcul toate abordările aplicabile, pentru a selecta modelul sau combinația de modele cea mai potrivită (Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016).

Tabel 7. Corespondența dintre abordările EVSC, tipurile de date rezultate din acestea și obiectivele evaluării (adaptat după Foden et Young, 2016)

Obiective ale EVSC	Exemple de informații provenite din EVSC necesare pentru a atinge obiectivele	Abordări EVSC		
		Corel	Carac	Meca
Care?	Clasamente ale vulnerabilității speciilor			
	Clasamente ale vulnerabilității subspeciilor și probabilități de extincție			
	Clasamente potențiale ale potențialului invaziv			
Cât?	Probabilitățile de extincție ale speciilor și/sau populațiilor			
	Estimări ale schimbărilor de areal/nișă climatică			
	Potențialul de dispersie			
De ce?	Susceptibilitate intrinsecă la SC (sensibilitate/capacitate adaptativă)			
	Identitatea driverilor climatici de vulnerabilitate			
	Identitatea driverilor biologici de vulnerabilitate			
Unde?	Localizarea zonelor cu densitate maximă a celor mai vulnerabile/puțin vulnerabile specii			
	Localizarea zonelor adecvate sau inadecvate climatic pentru specii în viitor			
	Localizarea coridoarelor sau refugilor potențiale			
	Subpopulații aflate în afara zonelor cu climat adecvat proiectat			
	Localizarea zonelor celor mai impactate de către driverii specifici de vulnerabilitate, inclusiv perturbări ale interacțiunilor inter-specifice și răspunsul uman la SC			
Când?	Cadrul temporal al riscului proiectat asupra speciilor, siturilor și peisajelor			
	Rata de schimbare în spațiu/nișă climatică			
	Rata de turnover potențial pentru specii/subpopulații			
Ce lipsește?	Lipsuri sau incertitudini cheie- climatice			
	Lipsuri sau incertitudini cheie - biologice			
	Lipsuri sau incertitudini cheie - în înțelegerea impacturilor și mecanismelor acestora			

	Lipsuri sau incertitudini cheie - răspunsurile umane la schimbări climatice ca și driver de vulnerabilitate			
	Specii pentru care sunt necesare mai multe informații pentru EVSC			

Cele mai recomandate sunt modelele mecaniciste bine calibrate și cu grad de complexitate destul de ridicat (ce simulează toate procesele relevante ecologice și biologice) întrucât întrunesc atât abordările corelative dar mențin rigoarea și obiectivitatea modelelor statistice bazate pe date (Wheatley *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018). În lipsa unui set de date empirice suficient de complex se poate apela la cunoștințele experților pentru a oferi aceste date. În lipsa acestei alternative, pentru atingerea obiectivelor pentru care informația explicită spațială și temporală este necesară, în cazul unei probabilități ridicate ca speciile vizate să fie afectate de modificarea zonelor de optim climatic, abordările corelative pot să ofere informațiile necesare (Foden and Young, 2016).

Acolo unde obiectivele la nivel de specie nu necesită informații spațiale explicite și trebuie luate în calcul mecanismele mai complexe de acțiune ale schimbărilor climatice, abordările bazate pe caracteristicile speciilor sunt cele mai potrivite.

Etapă 3. Identificarea abordărilor EVSC pentru care există resurse

Prin prisma **resurselor solicitate**, abordările mecaniciste au cerințele cele mai mari, pe când abordările cele mai simple pe bază de caracteristici ale speciilor și cele corelative au cerințe mai reduse (Foden and Young, 2016; Foden *et al.*, 2019).

Pentru **datele de distribuție**, este important să se facă distincția între localitățile de semnalare a speciilor (ca și puncte), datele de prezență/absență a speciilor sub formă de grid/raster și poligoanele ce circumscriu arealul speciei. Ultimele două categorii de date pot include și zone în care speciile de interes nu apar de fapt, astfel încât reprezintă limitele distribuției speciilor, mai degrabă decât date de prezență. Este de dorit să se elimine din acestea zonele în care, datorită unor factori de mediu (lipsa habitatelor propice, altitudine etc.) prezența speciilor este exclusă.

Datele referitoare la **caracteristicile speciilor** (species trait data) includ caracteristici demografice, morfologice, ecologice și de comportament. Caracteristicile relevante pentru EVSC diferă de la un grup taxonomic la altul. În unele cazuri este posibilă deducerea unor caracteristici ale unor specii de la taxonii foarte apropiați sau din alte particularități cunoscute. Caracteristicile **fiziologice** sunt foarte utile în evaluare (pentru abordările bazate pe caracteristici, cele mecaniciste și cele combinate corelative-mecaniciste) și permit predicții cu grad ridicat de încredere ale nișelor fundamentale și implicit prezicerea arealelor (Kearney and Porter, 2009), însă acest tip de date sunt în general rare, dificil de accesat și restrânse la speciile îndelung studiate.

Informațiile moleculare pot să fie utilizate pentru urmărirea proceselor populaționale, inclusiv dispersia și fluctuațiile numerice și de asemenea pentru investigarea adaptărilor din trecut la diverse condiții de mediu (prin abordări corelative) dar și potențialul pentru adaptări viitoare (utile pentru modelele mecaniciste și analizele de viabilitate). Deși aceste tipuri de date permit evaluarea potențialului de adaptare, ele nu precizează gradul în care modificările

adaptative vor impacta caracteristicile legate de distribuție și abundență, pentru asta fiind necesare evaluări cantitative populaționale, mai dificil de abordat. În general datele genetice sunt disponibile doar pentru un număr redus de specii.

Tabel 8. Prezentarea sumară a resurselor (date) necesare fiecărui tip de abordare EVSC (adaptat după Foden et Young, 2016)

Tipul de resurse	Input necesar	Corelative	Caracteristici	Mecanice
Date asupra distribuției speciilor	Localități ca și punct; și/sau	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
	Distribuție în format grid/raster; și/sau	Necesare	Pot fi utilizate	În general necesare
	Poligoane/hărți	Pot fi utilizate (mai puțin recomandate)	În general necesare	Pot fi utilizate (mai puțin recomandate)
Date despre caracteristicile speciilor	Trăsături demografice; și/sau trăsături morfologice; și/sau trăsături comportamentale; și/sau trăsături ecologice	Nu sunt utilizate	Necesare	Necesare
	Trăsături fiziologice (de exemplu, toleranțe termice, necesități energetice)	Nu sunt utilizate	Pot fi utilizate	Necesare pentru unele metode
Date moleculare		Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
Date climatice	Trecutul îndepărtat sau proiecții paleoclimatice	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
	Trecutul recent/proiecții climatice de referință	Necesare	În general necesare	Necesare
	Proiecții de viitor	Necesare	În general necesare	Necesare
Date ecologice	Proiecții spațiale ale acoperirii solului (reflectând suprafața ecosistemului/habitatelor)	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
	Proiecții spațiale ale proceselor ecologice (ex. incendii, hidrologie, creșterea nivelului mării)	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
	Date asupra exacerbării altor amenințări (care nu sunt cauzate de schimbările climatice)	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
Impact uri indirecte	Date care descriu răspunsurile umane la schimbările climatice	În general nu sunt utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate

	Date care descriu interacțiunile schimbărilor climatice cu alte amenințări	În general nu sunt utilizate	Pot fi utilizate	Pot fi utilizate
Expertiză	Instrumente și/sau interfață ușor de utilizat disponibile?	Pentru unele metode	Pentru unele metode	Pentru unele metode
	Modelarea distribuției speciilor (dacă nu se utilizează un instrument)	Necesară	Nu e utilizată	Nu e utilizată
	Sisteme de Informații Geografice (dacă nu se utilizează un instrument)	Necesare	În general necesare	Necesare
	Biologia speciei	Nu e utilizată	Necesară	Necesară
	Proiecții climatice și scenarii globale	Necesare	În general necesare	Necesare
Cerințe tehnologice	Hardware (ex., computer)	Necesar	În general necesar	Necesar
	Software specific	Software SIG adeseori necesar	Software SIG posibil necesar	Software SIG adeseori necesar

Datele climatice includ proiecțiile paleoclimatice (trecutul îndepărtat), datele climatice din trecutul recent (date de referință) și proiecțiile climatice viitoare.

Impacturile indirecte ale SC sunt puțin explorate deocamdată deși au un potențial ridicat de a depăși efectul impacturilor directe (Maxwell *et al.*, 2015). Acestea includ atât răspunsurile antropice la SC cât și efectele SC asupra sistemelor naturale din care fac parte speciile. Abordările mecaniciste și cele bazate pe caracteristicile speciilor pot include interacțiunile inter-specifice și schimbările acestora și toate abordările includ modificările în disponibilitatea habitatelor optime. Puține, însă, includ răspunsul uman la SC și efectele complexe ale interacțiunilor SC cu amenințările non-climatice (Wheatley *et al.*, 2017).

Expertiza include aspectele tehnice și pe cele biologice. **Expertiza tehnică** necesară abordărilor bazate pe caracteristici este în general redusă. Pentru evaluarea expunerii speciilor la SC poate varia de la foarte redusă până la complexă, uneori necesitând abilități de utilizare a SIG. Similar, pentru abordările mecaniciste și corelative nivelul de expertiză necesar poate fi foarte diferit, de la abordările statistice complexe cu interfață prietenoasă precum MaxEnt sau BIOMOD până la cele ce necesită cunoștințe de programare în R-cran⁷ sau abilități extinse în SIG. **Expertiza biologică** este foarte utilă și în multe cazuri esențială pentru EVSC. Fără aceasta, eventualele erori ce pot apărea în datele de distribuție sau pe parcursul procesului pot să persiste și să conducă la rezultate greșite sau interpretări eronate. Fiecare dintre cele trei

⁷ <https://cran.r-project.org/>

abordări prezentate mai sus necesită cunoștințe asupra biologiei și ecologiei speciilor, aceasta fiind esențiale și pentru completarea golurilor din seturile de date.

Cerințele tehnice variază mult de la caz la caz. În cazul evaluărilor simple este suficientă o aplicație de calcul tabelar, însă seturile mari și foarte mari de date depășesc posibilitățile acestora. În acest caz se utilizează baze de date de tip MS Acces sau SQL Server, cu costuri mai ridicate, sau software-uri open source, precum R-cran, ce permite stocarea și analiza unor seturi mari de date. Toate acestea însă necesită timp pentru a dobândi deprinderile necesare operării. Foarte utile sunt programele software SIG, îndeosebi pentru generarea hărților de distribuție, dintre acestea cel mai utilizat fiind ArcGIS însă alternativele open-source precum QGIS, DIVA-GIS sau PostGIS sunt adesea suficiente.

Pentru a putea estima dinamica distribuției spațiale a speciilor și habitatelor în contextul SC, s-au dezvoltat modele bioclimatice la scară locală regională sau globală (Guisan, Weiss and Weiss, 1999; Guisan and Theurillat, 2000; Guisan, Edwards and Hastie, 2002; del Barrio *et al.*, 2006; Pottier *et al.*, 2014).

Primele studii care abordează modelarea schimbărilor de distribuție a arealului speciilor/habitatelor corelate cu modificările climatice au utilizat instrumente software precum BIOCLIM (Busby, 1991) și DOMAIN (Carpenter, Gillison and Winter, 1993).

Modelele de predicție privind modificarea distribuției speciilor cauzate de SC au evoluat de la cele mai simple, cum ar fi BIOCLIM, la instrumente statistice mai performante, precum *Generalized Additive Modeling* și *MaxEntropy* (Guisan and Zimmermann, 2000; Elith *et al.*, 2006). Au fost create proiecții climatice cu rezoluție spațială mai bună, de 1-50 km pentru unele țări. Aceste proiecții la scară fină au fost puse la dispoziție pe scară largă pentru modelarea biologică. Astfel, unele dintre aceste date bioclimatice pot fi descărcate de pe website-ul WorldClim⁸ (Hijmans *et al.*, 2005) și utilizate pentru modelarea și predicția evoluției climatului dintr-o anumită regiune și corelarea cu modelele aferente nișelor ecologice ale speciilor și/sau habitatelor din ariile protejate.

Progresele mai recente efectuate pentru dezvoltarea de software-uri de Modelare a Distribuției Speciilor (SDM-Species Distribution Models) cum ar fi MaxEnt (Phillips and Dudík, 2008), face posibilă prezicerea distribuției speciilor endemice, rare sau vulnerabile (Loarie *et al.*, 2008; Raes *et al.*, 2009), a habitatelor (Riordan and Rundel, 2009) și asistă la evaluarea impactului potențial al schimbărilor globale asupra biodiversității (Thomas *et al.*, 2004; Thuiller, 2004). MaxEnt este bazat pe un algoritm de antrenare automată care generează distribuția potențială a speciilor utilizând datele de prezență certă a speciilor, precum și cele de absență ale acestora.

În ceea ce privește cerințele hardware, acestea depind în cea mai mare măsură de volumul de date de procesat și complexitatea procesărilor. În general, capacitatea de stocare și puterea de procesare mai mari sunt utile însă de obicei insuficiența acestora duce la timpul mare de procesare, mai rar implicând incapacitatea de execuție a procesărilor.

Etapa 4. Există abordări care satisfac atât etapa 2 cât și 3?

⁸ <http://www.worldclim.com/>

În procesul de selecție, în situații ideale se pot identifica multiple abordări ce corespund atât obiectivelor stabilite cât și resurselor disponibile, din care utilizatorul o poate alege pe cea optimă. Există însă și cazuri mai puțin fericite în care o singură abordare este corespunzătoare sau chiar situații nefavorabile când nici o abordare nu întrunește ambele condiții. Spre deosebire de primele două cazuri când EVSC poate continua, situația din urmă implică o adaptare din partea utilizatorului, ori prin revizuirea obiectivelor și adecvarea lor la resursele disponibile ori printr-un demers de colectare și completarea a datelor necesare.

Etapa 5. Selectarea abordărilor optime și metodelor de aplicare

La modul ideal, aplicarea mai multor abordări și compararea rezultatelor acestora este cea mai bună opțiune, permițând formarea unei imagini complete și evaluarea mai corectă a incertitudinilor inerente fiecăreia. Totuși, de cele mai multe ori opțiunile sunt reduse în această etapă fie datorită limitărilor de timp și resurse, fie ca urmare a numărului redus de abordări posibile.

În funcție de acestea, se poate utiliza o abordare singulară pentru EVSC (caz în care este esențială înțelegerea particularităților acesteia - ca și puncte tari, limitări, bias-uri etc) sau abordările ce corespund obiectivelor și resurselor sunt multiple și pot fi combinate. Și în acest context este importantă înțelegerea profundă a particularităților fiecărei abordări și a modului în care acestea sunt combinate. Lucrând cu diferite abordări, apar două variante, după cum urmează:

1. Evaluări separate (paralele) prin abordări/metode diferite, existând următoarele posibilități de-a interpreta rezultatele acestora:

- La nivel general se poate aplica o metodă de consens, prin combinarea gradului de vulnerabilitate cu proporția modelelor ce o prezic
- Dacă EVSC produc rezultate cantitativ similare, se poate utiliza o metodă de ansamblu, însă este posibil ca rezultatele unor metode aparținând aceluiași tip de abordare să fie corelate, fiind mai recomandată comparația rezultatelor provenite din abordări diferite pentru a oferi o certitudine mai ridicată.
- În cazul unor rezultate calitativ diferite, se pot evalua proiecțiile cele mai optimiste și cele mai pesimiste iar pe baza lor se propun scenarii pentru cel mai bun și cel mai rău caz, ce pot fi eventual utilizate în conjuncție cu metoda de consens.
- Dacă rezultatele diferă foarte mult și nu există suficiente date pentru a le departaja gradul de certitudine, se poate urma principiul precauției și adopta vulnerabilitatea cea mai ridicată ca și bază pentru determinarea nivelului de risc pentru taxonii de interes.

Indiferent de abordările urmate, e important să fie investigate cauzele neconcordanțelor dintre rezultate, ce permite evidențierea eventualelor erori și conferă certitudine mai mare concluziilor trase.

2. Evaluări prin abordări combinate ce beneficiază de punctele forte ale metodelor componente. Acestea includ combinații de abordări corelative-caracteristici, corelative mecaniciste și corelative-mecaniciste-caracteristici (Willis *et al.*, 2015). Utilizarea

caracteristicilor speciilor permite îmbunătățirea proiecțiilor legate de dispersia și capacitățile de colonizare ale speciilor (Garcia *et al.*, 2014).

Există **situații problematice**, cum este cazul speciilor insuficient cunoscute sau cele cu areal redus sau în scădere, în care metodele prezentate mai sus nu oferă rezultate îndeajuns de corecte. Lipsa datelor legate de prezența speciei, a particularităților fiziologice sau a caracteristicilor sale, sau împiedică utilizarea abordărilor corelative, mecaniciste sau bazate pe caracteristicile speciilor în forma prezentată mai sus (Platts *et al.*, 2014). În multe dintre EVSC multi-specifice ce au fost realizate pe baza abordărilor corelative, doar o proporție redusă a speciilor existente în regiune sau în anumite grupuri taxonomice a putut fi evaluată ca urmare a datelor insuficiente existente (Platts *et al.*, 2014; Wheatley *et al.*, 2017; de los Ríos, Watson and Butt, 2018). Există mai multe modalități de a depăși aceste impedimente, sumarizate în continuare.

- **Completarea golurilor din seturile de date**

Pentru speciile puțin cunoscute, acest proces poate fi realizat pe baza informațiilor obținute de la experți sau a datelor derivate de la unele specii înrudite (Guisan and Zimmermann, 2000; Guisan, Edwards and Hastie, 2002; Taugourdeau *et al.*, 2014), însă trebuie să se țină cont de gradul mai ridicat de incertitudine pe care aceste metode îl implică. În cazul speciilor cu areal în scădere, includerea în modele a arealului istoric permite aplicarea abordărilor convenționale descrise mai sus însă implică o atenție sporită în cadrul analizei asupra cauzelor posibile ale reducerii arealului.

- **Analiza temporală a variabilității populațiilor**

În cazul speciilor cu date de prezență insuficiente pentru abordarea corelativă, sau dacă distribuția spațială nu poate fi corelată cu nișa climatică, analiza variabilității temporale a populației poate oferi informații asupra vulnerabilității acesteia și implicit a speciei la SC proiectate. Aceste analize necesită însă seturi extinse de date temporale multianuale ce nu pot fi, de obicei, obținute decât pentru un eșantion redus de populații iar pentru speciile cu variabilitate naturală inter-anuală ridicată această caracteristică poate să mimeze sau să mascheze impactul climatic (Platts *et al.*, 2014).

- **Tehnici corelative modificate**

Pentru speciile cu areal redus, a fost utilizată o abordare corelativă simplificată implicând definirea gamei de valori tolerate de o specie de-a lungul unui set de predictorii relevanți (Platts *et al.*, 2014). Deși o astfel de metodă face posibilă EVSC, performanțele modelului obținut sunt dificil de estimat, se oferă o importanță egală tuturor factorilor limitatori iar sub-eșantionarea poate implica riscul estimării unei nișe reduse față de cea reală.

Alte posibilități sunt oferite de utilizarea unor modele corelative simple ce măsoară similaritatea prezențelor speciei vizate cu mediana sau centrul spațiului climatic disponibil (Guisan, Edwards and Hastie, 2002; Platts *et al.*, 2014), sau de asamblarea de modele simple ce includ un număr redus de predictorii într-un model general de consens pentru specia țintă, ce a permis modelarea cu succes ale unor specii cu număr foarte redus de prezențe (Breiner *et al.*, 2015). Pentru speciile cu areal în scădere este importantă analiza factorilor ne-climatici ce limitează specia, pentru a reduce riscul subestimării nișei climatice a speciei pe baza absențelor din astfel de zone, fiind necesară în acest caz selectarea datelor de absență pentru a oglindi bias-urile spațiale, taxonomice și de mediu ce există în setul de date de prezență (Platts *et al.*, 2014; Breiner *et al.*, 2015).

- **Utilizarea unor alternative taxonomice**

O altă modalitate de abordare pentru cele trei categorii problematice de specii este o abordare de tip proxi (surogat). În acest caz, pentru evaluarea distribuției speciei de interes se utilizează fie specii cu distribuție cunoscută ce sunt conectate trofic sau ca și habitat cu specia țintă, fie modelarea comunităților biologice sau ansamblurilor de specii (cu caracteristici biologice și ecologice sau habitate comune) în locul speciilor individuale. Modelele ce utilizează acest ultim tip de abordări au avantajul unei mai bune parametrizări pe baza caracteristicilor cunoscute pentru mai multe specii incluse în model (Ovaskainen and Soininen, 2011).

- **Evaluarea expunerii zonelor geografice**

În cazul în care alternativele prezentate mai sus nu sunt fezabile, sau când este necesară doar o primă aproximare a impacturilor potențiale asupra speciilor care fac parte din cele trei categorii problematice, rămâne ca și soluție evaluarea realizată exclusiv pe baza expunerii ariilor geografice la schimbările climatice. Aceste evaluări se bazează pe asocierea dintre dimensiunile multiple ale SC și diferitele amenințări și oportunități pe care acestea le reprezintă pentru specii în acea regiune și pot să evidențieze dispariția habitatelor potrivite pentru specii sau presiunea de-a găsi foarte rapid zonele cu climat potrivit (Garcia *et al.*, 2014). Evaluările detaliate ale expunerii permit identificarea ariilor geografice cele mai expuse schimbărilor climatice și evaluarea calitativă a amenințărilor și oportunităților pentru specii ce sunt asociate cu SC (Watson, Iwamura and Butt, 2013). Când sunt disponibile și informații asupra caracteristicilor speciilor, devine posibilă analiza speciilor cu sensibilitate și adaptabilitate mai ridicată sau mai scăzută, a gradului de dependență de un anumit climat și a posibilităților de dispersie.

V.1.2.5. Evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a habitatelor Natura 2000 din România

Evaluarea vulnerabilității habitatelor la schimbările climatice este vitală în dezvoltarea strategiilor de adaptare pentru biodiversitate. Deoarece resursele necesare pentru conservarea naturii (inclusiv protecția habitatelor față de schimbările climatice) sunt limitate, este necesar să se identifice la nivel național și să se prioritizeze elemente de interes conservativ cele mai vulnerabile pentru planificarea acțiunilor aferente de adaptare. Evaluările de vulnerabilitate pot informa factorii decidenți cu privire la aceste priorități. Procesul de evaluare a vulnerabilității include evaluări ale impactului schimbărilor climatice și ale capacității habitatelor de a răspunde cu succes la aceste impacturi.

Abordarea/justificarea abordării

Abordarea utilizată pentru evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a habitatelor Natura 2000 se bazează pe identificarea arealelor de distribuție a habitatelor care vor fi expuse unor schimbări climatice semnificative conform scenariilor climatice prognozate pentru perioadele de timp viitoare. Vulnerabilitatea habitatelor depinde de gradul de expunere și sensibilitatea acestora față magnitudinea schimbărilor climatice (Thomas *et al.*, 2004; Campbell *et al.*, 2009; Harley *et al.*, 2010; IPCC, 2014; Estrada *et al.*, 2015; Foden and Young, 2016; Foden *et al.*, 2019).

Această abordare poate fi utilizată în cadrul evaluărilor de vulnerabilitate preliminare (generale) efectuate la nivel național și/sau european, în vederea identificării speciilor și habitatelor care sunt cel mai probabil expuse și sensibile la schimbări climatice și stabilirea în

consecință a strategiilor de adaptare și atenuare a efectelor preconizate (Harley *et al.*, 2009, 2010; Bouwma *et al.*, 2012; Vos *et al.*, 2013).

Această abordare generalistă a fost adoptată ca și exemplu de abordare al EVSC, deoarece face posibilă evaluarea preliminară a majorității tipurilor de habitate din România, permițând în același timp compararea rezultatelor obținute cu evaluările de vulnerabilitate climatică efectuate la nivel european bazate pe evaluarea modificărilor climatice prognozate în arealul de distribuție actual și starea de conservare raportată a habitatelor. Cu toate acestea, această abordare generalistă de evaluare a vulnerabilității nu ia în considerare diferențele ecologice în ceea ce privește capacitatea adaptativă a habitatelor (și a speciilor edificatoare ale acestora), sau diferitele interacțiuni sinergice sau antagonice cu alte variabile. Astfel, indicii de vulnerabilitate prezentați în această evaluare generalistă sunt utili pentru stabilirea strategiilor naționale de adaptare climatică a biodiversității și ariilor protejate și prioritizarea obiectivelor de conservare pentru care sunt necesare studii specifice de evaluare a vulnerabilității climatice în vederea identificării măsurilor adecvate de adaptare.

Pentru evaluarea cu un grad mai ridicat de încredere și precizie spațială sunt necesare seturi de date spațiale de distribuție a habitatelor cu rezoluție ridicată și informații detaliate asupra caracteristicilor și habitatelor și a speciilor edificatoare ale acestora. Ar fi de asemenea de dorit utilizarea mai multor GCM și modele climatice cu caracteristici diferite pentru a pune în evidență o plajă mai largă de posibilități viitoare.

Metodologia de evaluare a vulnerabilității habitatelor

Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra habitatelor utilizează date pentru două categorii de variabile: **gradul de expunere și sensibilitatea la schimbările climatice**. Amplasarea schimbărilor climatice preconizate (expunerea climatică) și gradul în care specia sau habitatul ar putea fi afectate (sensibilitatea) sunt corelate apoi pentru a oferi o măsură a impactului. Metodologia prevede evaluarea informațiilor despre gradul de expunere la schimbările climatice a fiecărui habitat și sensibilitatea acestuia la impactul climatic pentru a realiza o cuantificare semi-cantitativă a vulnerabilității climatice.

1. Evaluarea gradului de expunere climatică a habitatelor

Gradul de expunere climatică (impactul climatic) al habitatelor s-a evaluat prin utilizarea a 19 variabile bioclimatice din WorldClim versiunea 2⁹ (Fick and Hijmans, 2017). Cele 19 variabile bioclimatice sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabel 9. Variabilele bioclimatice

Cod Variabilă Bioclimatică	Denumire Variabilă
BIO1	Temperatura anuală medie (°C)
BIO2	Intervalul de medie diurnă (°C)
BIO3	Izotermalitate
BIO4	Sezonalitatea temperaturii (°C)

⁹ <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>

BIO5	Temperatura maximă a celei mai calde luni (°C)
BIO6	Temperatura minimă a celei mai reci luni (°C)
BIO7	Intervalul temperaturilor anuale (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura medie a celui mai umed trimestru (°C)
BIO9	Temperatura medie a celui mai uscat trimestru (°C)
BIO10	Temperatura medie a celui mai cald trimestru (°C)
BIO11	Temperatura medie a celui mai rece trimestru (°C)
BIO12	Precipitațiile medii anuale (mm)
BIO13	Precipitațiile din cea mai umedă lună (mm)
BIO14	Precipitațiile din cea mai uscată lună (mm)
BIO15	Sezonalitatea precipitațiilor (Coeficientul de variație) (mm)
BIO16	Precipitațiile din cel mai umed trimestru (mm)
BIO17	Precipitațiile din cel mai uscat trimestru (mm)
BIO18	Precipitațiile din cel mai cald trimestru (mm)
BIO19	Precipitațiile din cel mai rece trimestru (mm)

Pentru evaluarea gradului de expunere, variabilele bioclimatice din perioada de referință (1970-2000) au fost analizate în raport cu proiecțiile lor viitoare pentru perioadele: 2021-2040, 2041-2060, 2081-2100 din modelul de Circulație Generală Cuplată Ocean-Atmosferă - **GCM** (HadGEM3-GC31-LL; Met Office Hadley Center Earth System Model). Acest model de GCM a fost selectat pentru a releva "the worst case scenario", abordare recomandată în literatura de specialitate privind pregătirea pentru adaptarea la schimbările climatice (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Foden and Young, 2016) pentru cazul în care se utilizează un singur GCM. În general, pentru teritoriul României, versiunea anterioară a acestui model GCM (HadGEM2-AO) a fost considerat în ansamblu ca un model pesimist în raport cu variabilele de temperatură și precipitații (creștere mare de temperatură, scădere puternică a precipitațiilor) (Stoica, 2018).

Pentru fiecare perioadă climatică viitoare au fost utilizate trei scenarii climatice din clasa Scenariilor Socio-Economice (SSP-Shared Socio-economic Pathways):

- Scenariul sustenabilității - **SSP1** (ssp126) prevede trecerea gradată dar continuă spre sustenabilitate, dezvoltarea antropică ținând cont de necesitățile mediului. Investițiile ridicate în educație și sănătate îmbunătățesc nivelul societății iar creșterea economică pune accentul pe bunăstarea umană, incluzând reducerea inegalităților sociale la nivel global și orientarea consumului spre reducerea intensității utilizării resurselor și a energiei.

- Scenariul mediu - **SSP2** (ssp 245) ia în calcul situația unor provocări medii pentru reducerea impactului climatic și adaptare, derivate din urmarea tendințelor istorice și actuale. Dezvoltarea economică a țărilor este inegală, iar progresul spre scopurile globale, deși există, este lent. Mediul este supus degradării în multe zone deși există și unele îmbunătățiri iar intensitatea utilizării resurselor și energiei este în scădere. Creșterea populației globale este moderată și se reduce în a doua jumătate a secolului. Inegalitatea veniturilor persistă sau se îmbunătățește lent și se păstrează problema reducerii vulnerabilității la schimbările sociale și de mediu.
- Scenariul dependenței de combustibili fosili **SSP5** (ssp585) simulează situația în care omenirea se bazează pe progresul tehnologic și dezvoltarea capitalului uman pentru dezvoltare durabilă. Există investiții majore în sănătate și educație însă acestea se bazează pe exploatarea unor resurse fosile abundente și adoptarea unui stil de viață cu consum ridicat de resurse și energie. În acest context economia globală crește împreună cu populația. Problemele de mediu locale, precum poluarea aerului, sunt rezolvate cu succes și se caută administrarea sistemelor sociale și ecologice inclusiv prin inginerie geologică (pentru absorbția dioxidului de carbon din atmosferă și reducerea absorbției radiațiilor solare de către suprafața terestră).

Datele existente privind vulnerabilitatea claselor de habitate Natura 2000 la anumite categorii de impacturi climatice (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Vos *et al.*, 2013), precum și cele din Manualele de Interpretare a Habitadelor (Doniță *et al.*, 2005; Gafta and Mountford, 2008) au fost folosite pentru a selecta un set de 5 variabile bioclimatice relevante pentru fiecare clasă de habitate Natura 2000.

Tabel 10. Variabilele bioclimatice selectate pentru fiecare clasă de habitate analizată

Clasă de habitate	Variabile bioclimatice
Dune de nisip costiere și continentale	BIO5, BIO9, BIO10, BIO14, BIO17
Habitat costiere și de sărături	BIO2, BIO9, BIO10, BIO16, BIO17
Habitat de apă dulce	BIO10, BIO11, BIO13, BIO16, BIO19
Păduri montane și subalpine	BIO1, BIO6, BIO10, BIO11, BIO19
Păduri temperate	BIO9, BIO10, BIO14, BIO17,

	BIO19
Păduri xerofile	BIO5, BIO9, BIO10, BIO14, BIO17
Pajiști de altitudine	BIO5, BIO6, BIO10, BIO11, BIO19
Pajiști mezo-higrofile	BIO6, BIO10, BIO11, BIO17, BIO19
Pajiști xerofile	BIO6, BIO9, BIO10, BIO14, BIO17
Stâncării	BIO6, BIO10, BIO11, BIO14, BIO19
Tufărișuri și lande temperate de altitudine	BIO1, BIO6, BIO10, BIO11, BIO19
Tufărișuri și lande temperate colinare	BIO5, BIO9, BIO10, BIO14, BIO17
Turbării bombate și mlaștini	BIO1, BIO10, BIO11, BIO17, BIO19

Pentru evaluarea impactului climatic au fost utilizate datele de distribuție spațială a habitatelor disponibile la nivel național ce au fost raportate de România în baza Articolului 17 din Directiva Habitate 92/43/CEE, la nivelul unui grid cu celule de 10 X 10 km (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/article-17-database-habitats-directive-92-43-ec-2/article-17-2020-spatial-data/article-17-2020-spatial-data-geodatabase>). Acuratețea și rezoluția datelor de distribuție a habitatelor din acest set de date disponibil se reflectă în mod direct în rezultatele analizei întrucât Spațiul Climatic Favorabil al acestora este dedus din distribuția lor spațială actuală. Obținerea și utilizarea unor seturi de date de calitate superioară vor permite îmbunătățirea predicțiilor privind impactul modificărilor climatice.

Din cele 87 de habitate din setul de date au fost selectate pentru analiză 64 de habitate de interes comunitar, reprezentând marea majoritate a tipurilor de vegetație din România, fiind încadrate în 9 clase de habitate. Habitatele cu răspândire foarte largă sunt în general considerate mai puțin sensibile la impactul schimbărilor climatice (Vos *et al.*, 2013; Sârbu *et al.*, 2014, 2020; Foden and Young, 2016) așa încât nu au fost incluse în analiza de impact climatic.

Tabel 11. Habitatele selectate pentru analiza vulnerabilității

r.	od Habita t	Clasă Habitate	BIOREGIUNE
	2	DUNE DE NISIP COSTIERE ȘI	PONTICĂ

	110	CONTINENTALE	
	2 130	DUNE DE NISIP COSTIERE ȘI CONTINENTALE	PONTICĂ
	2 160	DUNE DE NISIP COSTIERE ȘI CONTINENTALE	PONTICĂ
	2 190	DUNE DE NISIP COSTIERE ȘI CONTINENTALE	PONTICĂ
	2 340	DUNE DE NISIP COSTIERE ȘI CONTINENTALE	PANONICĂ
	1 110	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	MARINĂ-MAREA NEAGRĂ
	1 130	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	MARINĂ-MAREA NEAGRĂ
	1 140	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	MARINĂ-MAREA NEAGRĂ
	1 150	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	PONTICĂ
0	1 160	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	MARINĂ-MAREA NEAGRĂ
1	1 180	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	MARINĂ-MAREA NEAGRĂ
2	1 210	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	PONTICĂ
3	1 310	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	PONTICĂ
4	1 410	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	PONTICĂ
5	1 530	HABITATE COSTIERE ȘI DE SĂRĂTURI	PONTICĂ
6	3 130	HABITATE DE APĂ DULCE	PONTICĂ
7	3 140	HABITATE DE APĂ DULCE	PONTICĂ
8	3 150	HABITATE DE APĂ DULCE	ALPINĂ
9	3 160	HABITATE DE APĂ DULCE	CONTINENTALĂ
	3	HABITATE DE APĂ DULCE	PANONICĂ

0	1A0		
1	230	3	HABITATE DE APĂ DULCE ALPINĂ
2	240	3	HABITATE DE APĂ DULCE ALPINĂ
3	260	3	HABITATE DE APĂ DULCE ALPINĂ
4	270	3	HABITATE DE APĂ DULCE PONTICĂ
5	1D0	9	PĂDURI MONTANE ALPINĂ
6	410	9	PĂDURI MONTANE ALPINĂ
7	420	9	PĂDURI MONTANE ALPINĂ
8	180	9	PĂDURI TEMPERATE ALPINĂ
9	1K0	9	PĂDURI TEMPERATE ALPINĂ
0	150	6	PAJIȘTI DE ALTITUDINE ALPINĂ
1	170	6	PAJIȘTI DE ALTITUDINE ALPINĂ
2	230	6	PAJIȘTI DE ALTITUDINE ALPINĂ
3	120	6	PAJIȘTI XEROFILE PONTICĂ
4	190	6	PAJIȘTI XEROFILE ALPINĂ
5	210	6	PAJIȘTI XEROFILE ALPINĂ
6	240	6	PAJIȘTI XEROFILE CONTINENTALĂ
7	2C0	6	PAJIȘTI XEROFILE CONTINENTALĂ
8	150	9	PAJIȘTI XEROFILE ALPINĂ
		9	PAJIȘTI XEROFILE CONTINENTALĂ

9	1AA		
0	1H0	9	PAJIȘTI XEROFILE CONTINENTALĂ
1	1Q0	9	PAJIȘTI XEROFILE ALPINĂ
2	1X0	9	PAJIȘTI XEROFILE STEPICĂ
3	530	9	PAJIȘTI XEROFILE CONTINENTALĂ
4	410	6	PAJIȘTI_MEZO-HIGROFILE ALPINĂ
5	420	6	PAJIȘTI_MEZO-HIGROFILE PONTICĂ
6	510	6	PAJIȘTI_MEZO-HIGROFILE ALPINĂ
7	520	6	PAJIȘTI_MEZO-HIGROFILE ALPINĂ
8	110	8	STÂNCĂRII ALPINĂ
9	120	8	STÂNCĂRII ALPINĂ
0	160	8	STÂNCĂRII ALPINĂ
1	220	8	STÂNCĂRII ALPINĂ
2	230	8	STÂNCĂRII ALPINĂ
3	030	4	TUFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE COLINARE ALPINĂ
4	0C0	4	TUFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE COLINARE CONTINENTALĂ
5	070	4	TUFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE DE ALTITUDINE ALPINĂ
6	080	4	TUFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE DE ALTITUDINE ALPINĂ
7	110	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ
		7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ

8	120		
9	140	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ
0	150	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ
1	210	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI CONTINENTALĂ
2	220	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ
3	230	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ
4	240	7	TURBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI ALPINĂ

Nișa climatică pentru fiecare tip de habitat analizat a fost estimată prin extragerea valorilor minime și maxime aferente variabilelor climatice selectate din celulele de distribuție la nivel național în perioada de referință (1970-2000). Apoi, pentru estimarea Spațiului Climatic Favorabil (SCF) în viitor s-au căutat, într-un buffer de 40 km din jurul celulelor de distribuție a habitatelor, în fiecare perioadă viitoare (2021-2040, 2041-2060, 2081-2100), respectiv scenariu climatic (SSP1, SSP2, SSP5), perimetrele în care se păstrează nișa climatică din perioada de referință. În general, prin deducerea nișei climatice pe baza nișei realizate (mai redusă spațial decât cea potențială) se subestimează SCF pentru specii și habitate (Foden and Young, 2016). Din acest motiv, intervalul de valori climatice considerat favorabil fiecărui habitat în viitor a fost suplimentat pentru fiecare variabilă bioclimatică (față de cel definit de minima și maxima climatică din perioada de referință) cu $\pm 10\%$ pentru habitatele cu areal redus (sub 10 celule de prezență la nivel național), respectiv cu $\pm 20\%$ pentru habitatele cu peste 10 celule de prezență.

Evaluarea expunerii climatice a habitatelor

Evaluarea gradului de expunere climatică (impact climatic) pentru fiecare habitat s-a realizat prin calcularea parametrilor de **Suprapunere (Overlap)** și de **Raport (Ratio)** între aria de distribuție a habitatului în perioada de referință - considerat SCF de referință - și aria viitoare proiectată ce este similară din punct de vedere al valorilor variabilelor bioclimatice analizate (considerată spațiu climatic favorabil viitor) pentru fiecare scenariu climatic și perioadă viitoare. Păstrarea în viitor a SCF în toată suprafața de distribuție din perioada de referință a unui habitat este reflectată de valoarea de 100% pentru Suprapunere, iar scăderea valorii acestui indicator arată diminuarea proporțională în viitor a SCF. Raportul exprimă procentual diferența dintre suprafața de distribuție din perioada de referință a unui habitat și suprafața SCF proiectată pentru un scenariu și un moment de timp viitor în cadrul buffer-ului de 40 km. S-a luat în calcul și situația posibilă în care unele tipuri de habitate sunt favorizate, pentru o perioadă, de modificările climatului și au posibilitatea să își extindă arealul, ce este exprimată de procente mai mari de 100% ale Raportului.

Tabel 12. Scorurile pentru procentele de Suprapunere și Raport

Valoare Suprapunere	Scor Suprapunere	Valoare Raport	Scor Raport
<25	30	<49	30
25-49	20	50-74	20
50-74	10	75-100	10
75-100	0	101-200	0
		201-400	-10
		>400	-20

2. Evaluarea sensibilității habitatelor

Sensibilitatea habitatelor (cauzată de factori neclimatici) s-a evaluat prin acordarea unor scoruri de sensibilitate în funcție de capacitatea adaptativă și de arealul de distribuție a fiecărui tip de habitat la nivel național.

Scorul de capacitate adaptativă

Majoritatea datelor privind capacitatea adaptativă a habitatelor la schimbările climatice nu sunt deocamdată disponibile, astfel de date necesitând studii detaliate desfășurate de-a lungul a mai multor ani. Din acest motiv, a fost urmat modelul din Metodologia pentru evaluarea vulnerabilității climatice a habitatelor din Rețeaua Natura 2000 (Harley *et al.*, 2010), ce consideră starea de conservare nefavorabilă ca fiind o constrângere ce reduce capacitatea adaptativă a habitatelor la schimbările climatice. Astfel, datele legate de starea de conservare a habitatelor din România (la nivel de regiune biogeografică), raportată în baza Articolului 17¹⁰ al Directivei Habitate 92/43/CEE au fost folosite ca proxy pentru obținerea unui scor de capacitate adaptativă pentru fiecare tip de habitat analizat, conform pragurilor propuse de Harley *et al.* (Harley *et al.*, 2010). Datele privind starea de conservare a habitatelor din România la nivel biogeografic au fost descărcate de la <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/article-17-database-habitats-directive-92-43-ec-2/article-17-2020-dataset/article-17-2020-data-csv-format>.

Tabel 13. Scorul utilizat pentru estimarea capacității adaptative având în vedere starea de conservare a habitatelor (adaptat din Harley *et al.* 2010)

Stare de conservare	Scor capacitate adaptativă
	Constrângere capacitate adaptativă
U2 Nefavorabilă rea; XX Necunoscută	20 Ridicată
U1 Nefavorabilă inadecvată	10 Moderată

¹⁰ <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/habitat/summary/>

Scorul pentru arealul de distribuție a habitatului

Habitatele cu prezență foarte redusă sunt considerate mai sensibile la efectele schimbărilor climatice (Sajwaj *et al.*, 2009; Bouwma *et al.*, 2012; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013; Vos *et al.*, 2013; Foden and Young, 2016), astfel încât habitatelor care la nivel național au ≤ 10 celule de prezență, le-a fost acordat un scor de sensibilitate ridicată (20). Habitatelor prezente în mai mult de 10 celule la nivel național le-a fost acordat un scor de sensibilitate redusă (0). Acest prag a fost ales în mod arbitrar și e recomandat să fie optimizat dacă sunt disponibile informații în această direcție.

3. Gradul de vulnerabilitate climatică a habitatelor

Fiecare habitat a fost încadrat într-o categorie de vulnerabilitate climatică după scorul de vulnerabilitate obținut din valoarea cumulată a scorurilor fiecărui parametru evaluat: expunerea climatică (exprimată prin valorile de Suprapunere SCF Referință/Viitor și Raport SCF Referință/Viitor), capacitate adaptativă și areal redus de distribuție la nivel național.

Tabel 14. Valorile și pragurile de vulnerabilitate climatică

Scor de vulnerabilitate cumulată	Categoria de vulnerabilitate climatică
-20	-1 Probabil favorizat
-10	0 Posibil favorizat
0	1 Foarte scăzută
10	2 Scăzută
20	3 Moderată
30-40	4 Ridică
50-60	5 Foarte ridicată
70-80	6 Critică
90-100	7 Extrem de critică

Procesarea propriu-zisă a datelor a urmărit îndeaproape schema logică elaborată anterior, principalul obiectiv al acesteia fiind implementarea într-o manieră repetitivă automatizată, pentru a facilita parcurgerea volumului mare de date de intrare, atât vectoriale (grid prezențe) cât și rasteriale (date climatice prezente și viitoare sub diferite scenarii SSP). Această executare repetată a unui set de instrucțiuni poartă numele de iterație. Odată cu adăugarea unui iterator la model, toate instrumentele din cadrul acestuia itereză pentru fiecare valoare din iterator. Deoarece iterația este atât de comună, Python oferă mai multe caracteristici de limbaj pentru a o face mai ușoară. Instrucțiunile de iterație sau instrucțiunile loop au permis executarea pseudo-codului în blocuri de instrucțiuni atâta timp cât condiția de încadrare în setul de date sa fie adevărată. Iterarea este foarte importantă, deoarece automatizarea sarcinilor repetitive reduce timpul și efortul necesar pentru a le îndeplini.

Cele două tipuri principale de date geospațiale procesate au fost raster și vectoriale. Datele de tip raster sunt stocate ca o grilă de valori, fiecare reprezentând o zonă limitată. Structurile de date vectoriale reprezintă sunt un tip de date geospațiale ce conțin informații despre locația geometrică sub formă de coordonate. Aceste coordonate pot fi asociate unui punct, unei linii sau unui poligon.

OGR și GDAL există ca și module separate, împreună cu alte câteva module, precum OSR pentru managementul diferitelor proiecții.

OGR Simple Features Library este o bibliotecă ce oferă acces de citire și scriere către o varietate de baze de date GIS și formate de fișiere vectoriale. GDAL este o bibliotecă pentru citirea, scrierea și transformarea seturilor de date raster. Există o varietate de biblioteci geospațiale disponibile în indexul pachetelor python și aproape toate depind de GDAL sau OGR.

Rezultate

Rezultatele pentru cele 64 tipuri de habitate analizate în contextul schimbărilor climatice din scenariile SSP1-optimist, SSP2-moderat și SSP5-pesimist pentru perioadele P1 (2021-2040), P2 (2041-2060) și P3 (2080-2100) sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Pentru habitatele analizate se observă la nivelul scenariului SSP1 faptul că pentru P1 există 11 tipuri de habitate probabil favorizate de modificările climatice, în timp ce în perioadele mai îndepărtate P2 și P3 numărul lor scade la 7, respectiv 8.

Tabel 15. Vulnerabilitatea climatică a habitatelor în perioadele viitoare (2021-2040, 2041-2060, 2081-2100) în funcție de cele 3 scenarii climatice

Vulnerabilitatea climatică	SSP1-optimist	SSP2-moderat	SSP5-pesimist	Total
2021-2040				
-1 Probabil favorizat	11	9	10	30
0 Posibil favorizat	17	5	8	30
1 Foarte scăzută	10	11	12	33
2 Scăzută	13	7	6	26
3 Moderată	8	9	13	30
4 Ridicată	18	18	12	48
5 Foarte ridicată	25	38	37	100
6 Critică	7	8	8	23
7 Extrem de critică	7	11	10	28
2041-2060				
-1 Probabil	7	4	2	13

favorizat				
0 Posibil favorizat	6	5	2	13
1 Foarte scăzută	6	2	3	11
2 Scăzută	11	8	5	24
3 Moderată	8	7	5	20
4 Ridicăță	14	15	7	36
5 Foarte ridicată	45	51	60	156
6 Critică	8	12	19	39
7 Extrem de critică	11	12	13	36
	2081-2100			
-1 Probabil favorizat	8	0	0	8
0 Posibil favorizat	3	2	0	5
1 Foarte scăzută	3	2	0	5
2 Scăzută	10	2	0	12
3 Moderată	7	1	0	8
4 Ridicăță	15	6	0	21
5 Foarte ridicată	49	66	78	193
6 Critică	9	24	25	58
7 Extrem de critică	12	13	13	38

Pe de altă parte, însă, numărul habitatelor cu stare de vulnerabilitate critică și extrem de critică crește de-a lungul perioadelor analizate, de la 14 la 19, ajungând la 58 până în 2100 (Fig. 1). Același trend al creșterii vulnerabilității poate fi observat de asemenea în cazul scenariului moderat SSP2 (Fig. 2) însă proporția habitatelor cu vulnerabilitate redusă scade mai rapid, începând încă din P1 habitatelor cu vulnerabilitate ridicată fiind predominante.

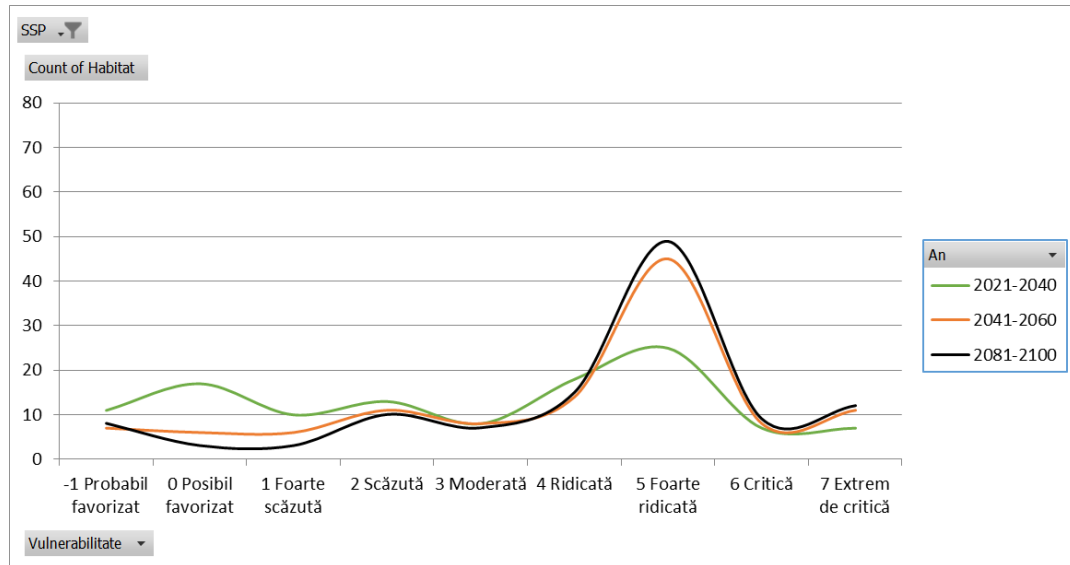


Figura 10. Numărul de habitate din categoriile de vulnerabilitate climatică în scenariul SSP1-optimist pentru cele trei perioade viitoare

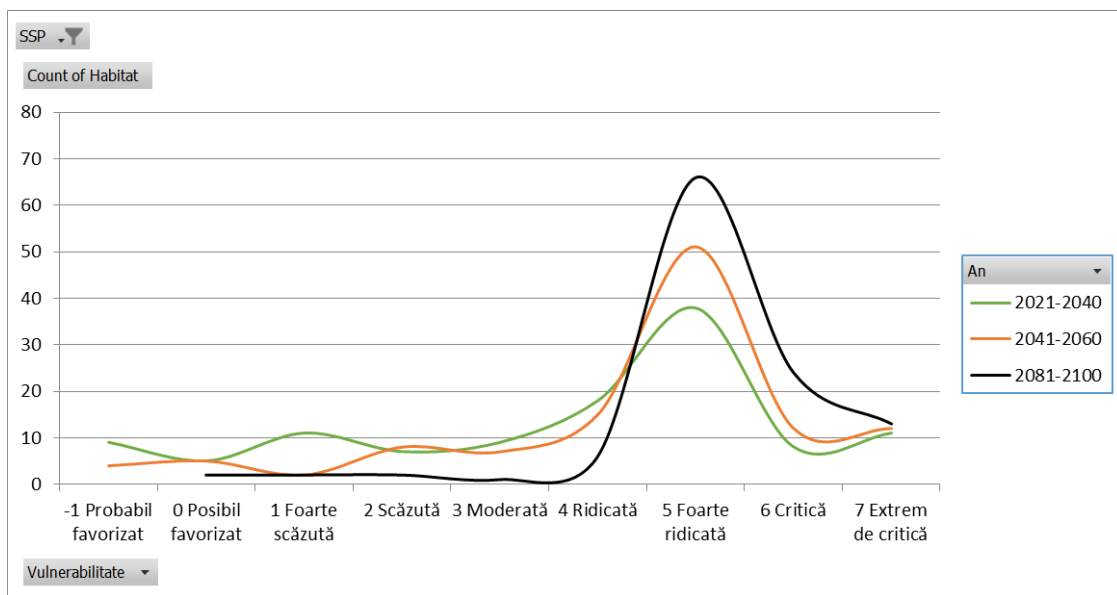


Figura 11. Numărul de habitate din categoriile de vulnerabilitate climatică în scenariul SSP2-moderat pentru cele trei perioade viitoare

În SSP5, scenariul cel mai pesimist, (Fig. 3), încă din P1 se remarcă reducerea numărului de habitate favorizate sau cu vulnerabilitate redusă și creșterea numărului celor cu vulnerabilitate ridicată, tendință amplificată în P2 și dusă la extrem în P3, unde toate habitatele au vulnerabilitate foarte ridicată, critică sau extrem de critică.

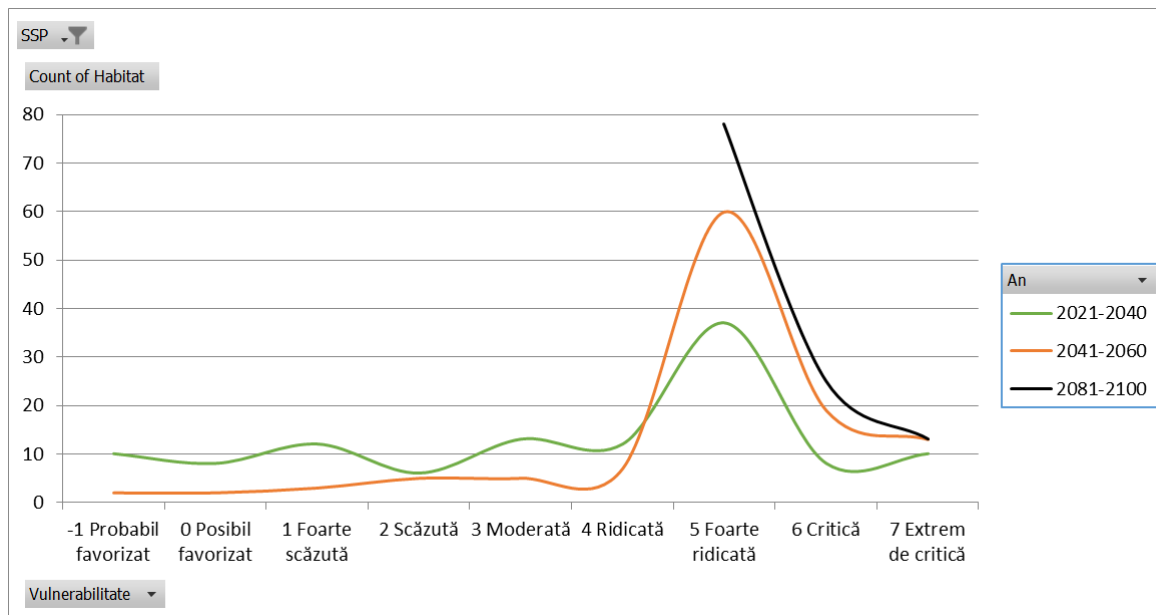


Figura 12. Numărul de habitate din categoriile de vulnerabilitate climatică în scenariul SSP5-pesimist pentru cele trei perioade viitoare

La nivel de clase, prognoza privind vulnerabilitatea viitoare a habitatelor incluse în diferitele clase este următoarea:

- Dunele de nisip costiere și continentale sunt printre cele mai vulnerabile, toate având cel puțin vulnerabilitate critică încă din scenariul optimist și P1, ceea ce arată atât sensibilitatea acestora la SC cât și faptul că zona geografică în care se găsesc este prognozată a suferi schimbări climatice importante.
- Habitatele costiere și de sărături includ și tipuri de habitate care sunt favorizate de modificările climatice în toate cele trei SSP în P1. Totuși, și în această clasă, majoritatea habitatelor au vulnerabilitate ridicată sau foarte ridicată încă din SSP1, vulnerabilitatea crescând până la foarte ridicată și critică în SSP2 și 3.
- Habitatele de apă dulce includ cele mai multe tipuri de habitate favorizate din toate clasele, predominant în SSP1 și P1 dar păstrându-se până în SSP 3 P2. Și în acest caz, proporția predominantă este cea a habitatelor cu vulnerabilitate foarte ridicată, care se mărește în timp și de la SSP1 spre SSP5.
- Pădurile montane-subalpine sunt printre cele mai vulnerabile tipuri de habitate, toate habitatele analizate incluse aici având încă din SSP1 și P1 vulnerabilitate ridicată, tinzând odată cu trecerea timpului și în scenariile mai pesimiste spre critică.

- Pădurile temperate includ habitatele cele mai puțin afectate, din rezultatele prognozei realizate. Astfel, în P1 și P2 și în scenariile SSP1 și SSP2 majoritatea habitatelor de acest tip sunt probabil favorizate sau au vulnerabilitate redusă, doar în P3 și SSP5 predominând habitatele cu vulnerabilitate foarte ridicată, neexistând însă habitate cu vulnerabilitate critică sau extrem de critică.
- În cazul pădurilor xerofile, se constată o variabilitate mai mare a habitatelor, existând atât unele favorizate, îndeosebi în SSP1 și SSP2, dar și alte habitate vulnerabile în aceleași perioade, cele puțin vulnerabile fiind predominante în primele perioade și scenarii, iar cele vulnerabile devenind predominante în timp.
- Pajiștile de altitudine nu prezintă valorile extreme (favorizate și critic vulnerabile) ci sunt împărțite între vulnerabilitate scăzută, foarte scăzută și ridicată în SSP1, iar în SSP2 și 3 toate prezintă vulnerabilitate ridicată și foarte ridicată.
- Pajiștile mezo-higrofile prezintă în majoritate vulnerabilitate foarte ridicată, existând însă și unele favorizate în toate cele trei scenarii SSP.
- Pajiștile xerofile sunt mai vulnerabile decât cele mezo-higrofile, prezentând doar câteva habitate favorizate în primele 2 SSP și perioade, marea majoritate prezentând însă vulnerabilitate foarte ridicată.
- Habitatele de stâncărie sunt printre cele mai puțin vulnerabile la SC din rezultatele proiectate, mai multe dintre ele fiind posibil favorizate și clasa ne-incluzând habitate critic și extrem de critic vulnerabile. Totuși și aici se remarcă creșterea numărului de habitate cu vulnerabilitate ridicată și foarte ridicată în P2 și P3.
- Tufărișurile și landele temperate prezintă un răspuns heterogen la SC. Cele specifice altitudinilor mai ridicate au un răspuns similar cu cel al pădurilor montane-alpine, existând printre ele doar habitate cu vulnerabilitate ridicată și până la extrem de critică, încă din scenariul optimist și P1. Tufărișurile și landele temperate colinare sunt puțin impactate de SC în SSP1, vulnerabilitatea lor crescând în SSP2 și ajungând predominant critică doar în SSP5.
- Turbăriile bombate și mlaștinile analizate cuprind atât unele habitate favorizate climatic sau cu vulnerabilitate redusă, îndeosebi în SSP1 cât și habitate cu vulnerabilitate climatică ridicată sau extrem de critică începând deja cu prima perioadă în toate cele 3 scenarii. În perioadele P2 și P3 însă, chiar și habitatele inițial favorizate

sau cu vulnerabilitate scăzută sunt afectate, ajungând în categoria celor cu vulnerabilitate critică și extrem de critică.

Pentru prioritizarea acțiunilor de adaptare climatică este recomandată abordarea de tip “worst case scenario”, care în cazul analizei realizate corespunde scenariului SSP5. Astfel, în tabelul 16, pe coloana SSP5 perioada 2021-2040 sunt evidențiate habitatele care în urma acestei analize sunt cele mai vulnerabile la SC în perioada următoare și care necesită prioritate ridicată pentru măsurile de reducere a impactului climatic și de adaptare. De asemenea, hărțile ce prezintă vulnerabilitatea climatică estimată pentru fiecare tip de habitat în toate scenariile și perioadele se găsesc în folderul **Anexa-Hărți de vulnerabilitate climatică pentru habitate** iar tabelul centralizator cu rezultatele în **Anexa-Centralizator Vulnerabilitate climatică Habitate**. (format .xlsx)

Tabel 16. Clasele de habitate și vulnerabilitatea climatică prognozată

S cenariu climatic	SP1			SP1 Tot al	SP2			SP2 Tot al	SP5			SP5 Tot al	otal
C Iasă habitat/T ip habitat/V ulnerabil itate	021 - 204 0	041 - 206 0	081 - 210 0		021 - 204 0	041 - 206 0	081 - 210 0		021 - 204 0	041 - 206 0	081 - 210 0		
D UNE DE NISIP COSTIER E ȘI CONTINE NTALE				5				5				5	5
6 Critică				1								0	0
7 Extrem de critică													5
H ABITATE COSTIER E ȘI DE SĂRĂTUR I	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	35
- 1 Probabil favorizat													
0 Posibil favorizat													
1 Foarte scăzută													
2 Scăzută													
3 Moderată													
4 Ridică				0									6
5 Foarte				2				8				1	1

ridicată													
6 Critică												0	2
7 Extrem de critică													7
H ABITATE DE APĂ DULCE	8	8	8	4	8	8	8	4	8	8	8	4	52
- 1 Probabil favorizat													2
0 Posibil favorizat													
1 Foarte scăzută													7
2 Scăzută													7
3 Moderată													5
4 Ridicată													6
5 Foarte ridicată	1	7	7	5	5	7	1	3	4	7	4	5	53
6 Critică													
7 Extrem de critică													
P ĂDURI_MONT				5				5				5	5
4 Ridicată													
5 Foarte ridicată													1
6 Critică								1				0	8
P ĂDURI_TEMP				2				2				2	6

-											
1 Probabil favorizat											1
0 Posibil favorizat											
1 Foarte scăzută											
2 Scăzută											
3 Moderată											
4 Ridicată											
5 Foarte ridicată											
P ĂDURI_X ERO			4			4				4	2
-											
1 Probabil favorizat											
0 Posibil favorizat											
1 Foarte scăzută											
2 Scăzută											
3 Moderată											
4 Ridicată											2
5 Foarte ridicată											2
6 Critică											
7 Extrem de critică											
P											

AJIȘTI_A LT													7
1 Foarte scăzută													
2 Scăzută													
4 Ridicată													
5 Foarte ridicată													0
P AJIȘTI_M EZO_HIG RO	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	9
1 Probabil favorizat													
0 Posibil favorizat													
1 Foarte scăzută													
2 Scăzută													
3 Moderată													
4 Ridicată													
5 Foarte ridicată				7				0			0	2	9
7 Extrem de critică													
P AJIȘTI_X ERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 Posibil favorizat													
1 Foarte scăzută													

2	Scăzută												
4	Ridicată												
5	Foarte ridicată			7				3				5	5
6	Critică												
5	TÂNCĂRII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	Posibil favorizat												
1	Foarte scăzută												
2	Scăzută												
3	Moderată												
4	Ridicată												8
5	Foarte ridicată			0			0	8			0	1	9
T	UFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE_ALT												8
4	Ridicată												
5	Foarte ridicată												
7	Extrem de critică												
T	UFĂRIȘURI ȘI LANDE TEMPERATE_COL												7

-													
1 Probabil favorizat													
0 Posibil favorizat													
2 Scăzută													
3 Moderată													
4 Ridică													
5 Foarte ridicată													
6 Critică													
T URBĂRII BOMBATE ȘI MLAȘTINI	2	2	2	6	2	2	2	6	2	2	2	6	08
-													
1 Probabil favorizat													
0 Posibil favorizat													
1 Foarte scăzută													
2 Scăzută													
3 Moderată													4
4 Ridică													2
5 Foarte ridicată													1
6 Critică													4
7 Extrem de critică				0				2				3	5

Tabel 17. Vulnerabilitatea tipurilor de habitate pe bioregiuni, scenarii și perioade

BIOREGIUNEA/ VULNERABILITATE/TI P HABITAT	SSP1-OPTIMIST			SSP2- MODERAT			SSP5-PESIMIST		
	021- 2040	041- 2060	081- 2100	021- 204 0	041- 206 0	081- 2100	021- 2040	041- 2060	081- 2100
ALPINĂ									
-1 Probabil favorizat	0						0		
3150									
3260									
4030									
6410									
6510									
7220									
9150									
9180									
91K0									
91Q0									
0 Posibil favorizat									
3150									
3240									
4030									
6190									
6410									
6510									
7220									
7230									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
91K0									

91Q0									
1 Foarte scăzută									
3230									
3240									
3260									
6170									
6210									
6410									
7110									
7140									
7230									
8110									
8220									
8230									
9150									
9180									
91Q0									
2 Scăzută									
3230									
3240									
6150									
6210									
6230									
6520									
7140									
7220									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
91K0									
91Q0									

3 Moderată									
3230									
3240									
7110									
7120									
7140									
7230									
8110									
4 Ridicăță									
3230									
4070									
6170									
6210									
6230									
6410									
6520									
7110									
7120									
7140									
8110									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
91D0									
9410									
5 Foarte ridicată						6		2	3
3150									
3240									
3260									
4030									
4070									

6150									
6170									
6190									
6210									
6230									
6410									
6510									
6520									
7120									
7220									
8110									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
9180									
91K0									
91Q0									
9410									
9420									
6 Critică									
3230									
3240									
7110									
7140									
7230									
91D0									
9410									
7 Extrem de critică									
4080									
7120									
7150									

7240									
PONTICĂ									
0 Posibil favorizat									
1530									
2 Scăzută									
1310									
3 Moderată									
1310									
1530									
4 Ridicată									
1210									
1310									
5 Foarte ridicată						0		0	0
1310									
1530									
3130									
3140									
3150									
3260									
3270									
6120									
6410									
6510									
6 Critică									
1210									
1410									
2110									
2130									
2160									
2190									
7 Extrem de critică									
1150									

1410									
2110									
2130									
6420									
CONTINENTAL Ă									
-1 Probabil favorizat									
1310									
0 Posibil favorizat									
1530									
3150									
3260									
6410									
9150									
9180									
1 Foarte scăzută									
1310									
1530									
3150									
3160									
3260									
6510									
9150									
9180									
2 Scăzută									
1310									
1530									
3130									
3150									
3260									
3270									
40C0									

6410									
6510									
7220									
7230									
8220									
9150									
9180									
91AA									
91K0									
9530									
3 Moderată									
1530									
3130									
3160									
3240									
3260									
3270									
40C0									
6410									
6510									
7140									
7220									
7230									
8230									
9150									
9180									
91AA									
91H0									
91K0									
9530									
4 Ridicăță	0			0					
1310									
3130									

3140									
3150									
3160									
3240									
3260									
3270									
40C0									
6120									
6190									
6210									
6240									
62C0									
6410									
6510									
7140									
7230									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
9180									
91AA									
91D0									
91H0									
91K0									
9410									
9530									
5 Foarte ridicată			0		1	8		6	3
1310									1
1530									1
3130									1
3140									1

3150									
3160									
3260									
3270									
6120									
6190									
6210									
6240									
62C0									
6410									
6510									
7140									
7150									
7220									
7230									
8120									
8160									
8220									
8230									
9150									
9180									
91AA									
91H0									
91K0									
9410									
9530									
6 Critică									
3240									
40C0									
6240									
7140									
7230									
91AA									
91D0									

3270									
6510									
6 Critică									
2340									
7 Extrem de critică									
31A0									
STEPICĂ									
0 Posibil favorizat									
1530									
3260									
40C0									
1 Foarte scăzută									
1310									
3150									
3260									
2 Scăzută									
1530									
3150									
91AA									
3 Moderată									
1530									
40C0									
4 Ridică									
1310									
3150									
3260									
3270									
91AA									
5 Foarte ridicată		3	3	0	3	3		3	3
1310									
1530									

3130									
3140									
3150									
3160									
3260									
3270									
40C0									
6120									
62C0									
6410									
6510									
8230									
91AA									
91X0									
6 Critică									
40C0									
91AA									
7 Extrem de critică									
91X0									

V.1.2.6. Evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a speciilor Natura 2000 din România

Evaluarea vulnerabilității speciilor la schimbările climatice este vitală în dezvoltarea strategiilor de adaptare pentru biodiversitate. Deoarece resursele necesare pentru conservarea naturii (inclusiv protecția speciilor de schimbările climatice) sunt limitate, este necesar să se identifice la nivel național și să se prioritizeze elemente de interes conservativ cele mai vulnerabile pentru planificarea acțiunilor aferente de adaptare. Evaluările de vulnerabilitate pot informa factorii decidenți cu privire la aceste priorități. Procesul de evaluare a vulnerabilității include evaluări ale impactului schimbărilor climatice și ale capacității speciilor de a răspunde cu succes la aceste impacturi.

Abordarea/justificarea abordării

Vulnerabilitatea speciilor depinde de gradul de expunere și sensibilitatea acestora față magnitudinea schimbărilor climatice (Thomas *et al.*, 2004; Campbell *et al.*, 2009; Sajwaj *et al.*, 2009; Harley *et al.*, 2010; IPCC, 2014; Estrada *et al.*, 2015; Foden and Young, 2016; Foden *et al.*, 2019). Abordarea utilizată pentru evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a speciilor Natura 2000 se bazează pe analiza expunerii arealului speciilor la schimbările climatice (impactul climatic) în condițiile diferitelor scenarii (Shared Socio-

economic Pathways- SSPs) și în diferite perioade viitoare de timp. Datele prognozate referitoare la expunere sunt coroborate cu informațiile legate de capacitatea adaptativă și extinderea arealului fiecărei specii pentru a estima vulnerabilitatea speciilor la SC (Harley *et al.*, 2009, 2010; Sajwaj *et al.*, 2009; Bouwma *et al.*, 2012; Vos *et al.*, 2013).

În cazul speciilor, ce sunt foarte diverse în ceea ce privește caracteristicile biologice, asamblarea unui set de date care să permită selectarea unor variabile bioclimatice adecvate este o acțiune de anvergură ce necesită studii laborioase și îndelungate. Din acest motiv, pentru o evaluare rapidă și generală a expunerii climatice s-a ales o abordare care include toate cele 19 variabile bioclimatice simultan, considerând că impactul climatic asupra unei specii într-o celulă de prezență este proporțional cu amplitudinea schimbării de ansamblu a condițiilor climatice în viitor față de perioada de referință (Cheval *et al.*, 2020).

Această abordare a fost adoptată ca și exemplu de elaborare al EVSC și poate fi utilizată în cadrul evaluărilor generale de vulnerabilitate efectuate la nivel național în vederea identificării preliminare a speciilor care sunt cel mai probabil expuse și sensibile la schimbări climatice. Rezultatele pot fi utilizate ca punct de pornire pentru efectuarea unor evaluări detaliate, ce utilizează date spațiale la rezoluție ridicată și seturi complexe de date referitoare la caracteristicile speciilor, urmate de stabilirea în consecință a strategiilor de adaptare și atenuare la efectele SC. Metoda utilizată implică o estimare a capacității adaptative, fără să includă însă caracteristicile biologice detaliate ale speciilor sau diferitele interacțiuni sinergice sau antagonice cu alte variabile. De asemenea, nu au putut fi selectate variabilele bioclimatice cele mai relevante pentru fiecare specie analizată. Odată ce aceste date sunt obținute, ele pot fi cu ușurință integrate în metodologia prezentată.

Metodologia de evaluare a vulnerabilității speciilor

Pentru evaluarea expunerii climatice au fost integrate metodele utilizate la nivel european (Sajwaj *et al.*, 2009) cu proiecțiile schimbărilor climatice realizate pe baza celor 19 variabile bioclimatice pentru fiecare celulă de distribuție a fiecărei specii analizate dintre perioada de referință și viitor, după cele 3 SSP prognozate pentru perioadele de timp viitoare. Diferențele (abaterea climatică) estimate la nivel de celulă pentru fiecare variabilă au fost apoi asamblate pentru obținerea unei abateri medii la nivelul fiecărei celule, derivate din toate variabilele. În cazul speciilor cu distribuție fragmentată, abaterea climatică estimată la nivel de celulă poate diferenția expunerea climatică a populațiilor din fiecare celulă de distribuție a speciei.

Abaterile medii la nivel de celulă au fost apoi cumulate la nivelul tuturor celulelor de distribuție a unei specii pentru evaluarea expunerii climatice a speciei la nivelul fiecărei bioregionii a României în care este prezentă specia. Valoarea expunerii a fost asociată cu estimări legate de capacitatea adaptativă, extinderea arealului și capacitatea de dispersie a speciilor, pentru a realiza o cuantificare semi-cantitativă a vulnerabilității climatice a fiecărei specii la nivel de bioregionie.

1. Evaluarea gradului de expunere climatică a speciilor

Gradul de expunere climatică al speciilor a fost evaluat prin utilizarea a 19 variabile bioclimatice din WorldClim versiunea 2¹¹ (Fick and Hijmans, 2017). Cele 19 variabile bioclimatice sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabel 18. Variabilele bioclimatice analizate

Cod Variabilă Bioclimatică	Denumire Variabilă
BIO1	Temperatura anuală medie (°C)
BIO2	Intervalul de medie diurnă (°C)
BIO3	Izotermalitate
BIO4	Sezonalitatea temperaturii (°C)
BIO5	Temperatura maximă a celei mai calde luni (°C)
BIO6	Temperatura minimă a celei mai reci luni (°C)
BIO7	Intervalul temperaturilor anuale (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura medie a celui mai umed trimestru (°C)
BIO9	Temperatura medie a celui mai uscat trimestru (°C)
BIO10	Temperatura medie a celui mai cald trimestru (°C)
BIO11	Temperatura medie a celui mai rece trimestru (°C)
BIO12	Precipitațiile medii anuale (mm)
BIO13	Precipitațiile din cea mai umedă lună (mm)
BIO14	Precipitațiile din cea mai uscată lună (mm)
BIO15	Sezonalitatea precipitațiilor (Coeficientul de variație) (mm)
BIO16	Precipitațiile din cel mai umed trimestru (mm)
BIO17	Precipitațiile din cel mai uscat trimestru (mm)
BIO18	Precipitațiile din cel mai cald trimestru (mm)
BIO19	Precipitațiile din cel mai rece trimestru (mm)

Pentru evaluarea gradului de expunere, valorile variabilelor bioclimatice din perioada de referință (1970-2000) au fost analizate în raport cu valorile lor proiectate în viitor pentru perioadele: 2021-2040, 2041-2060, 2081-2100 din modelul de Circulație Generală Cuplată Ocean-Atmosferă - GCM (HadGEM3-GC31-LL; Met Office Hadley Center Earth System Model). Acest model de GCM a fost selectat pentru a releva “the worst case scenario”, abordare recomandată în literatura de specialitate privind pregătirea pentru adaptarea la schimbările climatice (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Foden and Young, 2016) pentru cazul în care se utilizează un singur GCM. În general, pentru teritoriul României, versiunea anterioară a acestui model GCM (HadGEM2-AO) a fost considerat în ansamblu ca un model pesimist în raport cu variabilele

¹¹ <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>

de temperatură și precipitații (creștere mare de temperatură, scădere puternică a precipitațiilor) (Stoica, 2018).

Pentru fiecare perioadă climatică viitoare au fost utilizate trei scenarii climatice (SSP), după cum urmează:

- Scenariul sustenabilității - **SSP1** (ssp126) prevede trecerea gradată dar continuă spre sustenabilitate, dezvoltarea antropică ținând cont de necesitățile mediului. Investițiile ridicate în educație și sănătate îmbunătățesc nivelul societății iar creșterea economică pune accentul pe bunăstarea umană, incluzând reducerea inegalităților sociale la nivel global și orientarea consumului spre reducerea intensității utilizării resurselor și a energiei.
- Scenariul mediu - **SSP2** (ssp 245) ia în calcul situația unor provocări medii pentru reducerea impactului climatic și adaptare, derivate din urmarea tendințelor istorice și actuale. Dezvoltarea economică a țărilor este inegală, iar progresul spre scopurile globale, deși există, este lent. Mediul este supus degradării în multe zone deși există și unele îmbunătățiri iar intensitatea utilizării resurselor și energiei este în scădere. Creșterea populației globale este moderată și se reduce în a doua jumătate a secolului. Inegalitatea veniturilor persistă sau se îmbunătățește lent și se păstrează problema reducerii vulnerabilității la schimbările sociale și de mediu.
- Scenariul dependenței de combustibili fosili **SSP5** (ssp585) simulează situația în care omenirea se bazează pe progresul tehnologic și dezvoltarea capitalului uman pentru dezvoltare durabilă. Există investiții majore în sănătate și educație însă acestea se bazează pe exploatarea unor resurse fosile abundente și adoptarea unui stil de viață cu consum ridicat de resurse și energie. În acest context economia globală crește împreună cu populația. Problemele de mediu locale, precum poluarea aerului, sunt rezolvate cu succes și se caută administrarea sistemelor sociale și ecologice inclusiv prin inginerie geologică (pentru absorbția dioxidului de carbon din atmosferă și reducerea absorbției radiațiilor solare).

Au fost selectate pentru analiză 45 de specii, cuprinzând majoritatea grupurilor taxonomice și incluzând atât specii cu distribuție mai largă cât și cu distribuție restrânsă. De asemenea, din fiecare grup au fost incluse în analiză specii cu stare diferită de conservare.

Tabel 19. Speciile selectate pentru analiza vulnerabilității climatice

Nr.	COD Natura 2000 SPECIE	NUME SPECIE
1	1197	<i>Pelobates fuscus</i>

2	1200	<i>Pelobates syriacus</i>
3	1214	<i>Rana arvalis</i>
4	1993	<i>Triturus dobrogicus</i>
5	1042	<i>Leucorrhinia pectoralis</i>
6	1058	<i>Maculinea arion</i>
7	1074	<i>Eriogaster catax</i>
8	1082	<i>Graphoderus bilineatus</i>
9	1087	<i>Rosalia alpina</i>
10	1088	<i>Cerambyx cerdo</i>
11	1093	<i>Austropotamobius torrentium</i>
12	1428	<i>Marsilea quadrifolia</i>
13	4020	<i>Pilemia tigrina</i>
14	4045	<i>Coenagrion ornatum</i>
15	4048	<i>Isophya costata</i>
16	1386	<i>Buxbaumia viridis</i>
17	1389	<i>Meesia longiseta</i>
18	1307	<i>Myotis blythii</i>
19	1313	<i>Eptesicus nilssonii</i>
20	1337	<i>Castor fiber</i>
21	1356	<i>Mustela lutreola</i>
22	1369	<i>Rupicapra rupicapra</i>
23	2609	<i>Mesocricetus newtoni</i>
24	1032	<i>Unio crassus</i>
25	4056	<i>Anisus vorticulus</i>
26	1109	<i>Thymallus thymallus</i>
27	2011	<i>Umbra krameri</i>
28	2533	<i>Cobitis elongata</i>
29	5323	<i>Cottus transsilvaniae</i>
30	6147	<i>Telestes souffia</i>
31	1657	<i>Gentiana lutea</i>
32	1689	<i>Dracocephalum austriacum</i>
33	1758	<i>Ligularia sibirica</i>
34	1902	<i>Cypripedium calceolus</i>
35	1939	<i>Agrimonia pilosa</i>

36	4068	<i>Adenophora lilifolia</i>
37	4070	<i>Campanula serrata</i>
38	4091	<i>Crambe tataria</i>
39	4097	<i>Iris aphylla subsp. hungarica</i>
40	4098	<i>Iris humilis subsp. arenaria</i>
41	6948	<i>Pontechium maculatum subsp. maculatum</i>
42	1217	<i>Testudo hermanni</i>
43	1276	<i>Ablepharus kitaibelii</i>
44	1298	<i>Vipera ursinii</i>
45	5194	<i>Elaphe sauromates</i>

Pentru evaluarea impactului climatic au fost utilizate datele de distribuție spațială a speciilor disponibile la nivel național ce au fost raportate de România în baza Articolului 17 din Directiva Habitats 92/43/CEE, la nivelul unui grid cu celule de 10 X 10 km (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/article-17-database-habitats-directive-92-43-ec-2/article-17-2020-spatial-data/article-17-2020-spatial-data-geodatabase>).

Acuratețea și rezoluția datelor de distribuție a speciilor din acest set de date disponibil se reflectă în mod direct în rezultatele analizei întrucât Spațiul Climatic Favorabil al speciilor este dedus din distribuția lor spațială. Obținerea și utilizarea unor seturi de date de calitate superioară vor permite îmbunătățirea predicțiilor privind impactul modificărilor climatice.

2. Evaluarea sensibilității speciilor

Sensibilitatea speciilor (cauzată de factori neclimatici) s-a evaluat prin acordarea unor scoruri de sensibilitate în funcție de evaluarea **capacității adaptative, arealului de distribuție și capacității de dispersie** a fiecărei specii analizate la nivel național.

Scorul de capacitate adaptativă

Pentru evaluarea capacității adaptative a fost urmat modelul din Metodologia pentru evaluarea vulnerabilității climatice a habitatelor din Rețeaua Natura 2000 (Harley *et al.*, 2010), ce consideră starea de conservare nefavorabilă ca fiind o constrângere ce reduce capacitatea adaptativă a speciilor la schimbările climatice. Astfel, datele legate de starea de conservare a speciilor din România (la nivel de regiune biogeografică), raportată în baza Articolului 17¹² al Directivei Habitats 92/43/CEE au fost folosite ca proxy pentru obținerea unui scor de capacitate adaptativă pentru fiecare tip de habitat analizat, conform pragurilor propuse de Harley *et al.* (Harley *et al.*, 2010).

Datele privind starea de conservare a speciilor din România la nivel biogeografic au fost descărcate de la <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/article-17->

¹² <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/habitat/summary/>

database-habitats-directive-92-43-ee-2/article-17-2020-dataset/article-17-2020-data-csv-format.

Tabel 20. Scorul utilizat pentru estimarea capacității adaptative având în vedere starea de conservare a speciilor (adaptat din Harley et al. 2010)

Stare de conservare	Scor capacitate adaptativă	
	Constrângere adaptativă	capacitate
U2 Nefavorabilă rea; XX Necunoscută	20	Ridicată
U1 Nefavorabilă inadecvată	10	Moderată
FV Favorabilă	0	Scăzută

Scorul pentru arealul de distribuție a speciilor

Speciile cu areal foarte redus sunt considerate mai sensibile la efectele schimbărilor climatice (Sajwaj *et al.*, 2009; Bouwma *et al.*, 2012; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013; Vos *et al.*, 2013; Foden and Young, 2016), astfel încât celor care la nivel național au ≤ 25 celule de prezență, le-a fost acordat un scor de sensibilitate ridicată (10). Speciilor prezente în mai mult de 25 celule la nivel național le-a fost acordat un scor de sensibilitate redusă (0). Pragul de 25 celule a fost ales arbitrar și poate fi modificat odată ce sunt disponibile informații care să indice o valoare mai adecvată.

Scorul pentru capacitatea de dispersie a speciilor

Acest scor a fost acordat la nivel de grup taxonomic, speciile fixate de substrat sau cu capacitate redusă de deplasare primind un scor de sensibilitate cauzată de dispersia redusă (10), iar speciile cu mobilitate bună având alocat un scor de 0, asociat lipsei sensibilității în această privință.

3. Gradul de vulnerabilitate climatică al speciilor

Fiecare specie a fost încadrată într-o categorie de vulnerabilitate climatică după scorul de vulnerabilitate obținut din valoarea cumulată a scorurilor fiecărui parametru evaluat: expunerea climatică (exprimată prin valoarea abaterii medii derivate din cele 19 variabile la nivelul arealului de distribuție al speciei în bioregiune), capacitate adaptativă, capacitate de dispersie și areal redus de distribuție la nivel național.

Tabel 21. Valorile și pragurile de vulnerabilitate climatică

Scor de vulnerabilitate cumulat	Categoria de vulnerabilitate climatică
0	0 Fără Vulnerabilitate
10	1 Scăzută
20	2 Moderată

30	3 Ridicată
40	4 Foarte Ridicată
50	5 Critică
>60	6/7 Extrem de critică

Procesarea propriu-zisă a datelor a urmărit îndeaproape schema logică elaborată anterior, principalul obiectiv al acestora fiind implementarea într-o manieră repetitivă automatizată, pentru a facilita parcurgerea volumului mare de date de intrare, atât vectoriale (grid prezențe) cât și rasteriale (date climatice prezente și viitoare sub diferite scenarii ssp). Această executare repetată a unui set de instrucțiuni poartă numele de iterație. Odată cu adăugarea unui iterator la model, toate instrumentele din cadrul acestuia iterază pentru fiecare valoare din iterator. Deoarece iterația este atât de comună, Python oferă mai multe caracteristici de limbaj pentru a o face mai ușoară. Instrucțiunile de iterație sau instrucțiunile loop au permis executarea pseudo-codului în blocuri de instrucțiuni atâta timp cât condiția de încadrare în setul de date sa fie adevărată. Iterarea este foarte importantă, deoarece automatizarea sarcinilor repetitive reduce timpul și efortul necesar pentru a le îndeplini.

Cele două tipuri principale de date geospațiale procesate au fost raster și vectoriale. Datele de tip raster sunt stocate ca o grilă de valori, fiecare reprezentând o zonă limitată. Structurile de date vectoriale reprezintă un tip de date geospațiale ce conțin informații despre locația geometrică sub formă de coordonate. Aceste coordonate pot fi asociate unui punct, unei linii sau unui poligon.

OGR și GDAL există ca și module separate, împreună cu alte câteva module, precum OSR pentru managementul diferitelor proiecții.

OGR Simple Features Library este o bibliotecă ce oferă acces de citire și scriere către o varietate de baze de date GIS și formate de fișiere vectoriale. GDAL este o bibliotecă pentru citirea, scrierea și transformarea seturilor de date raster. Există o varietate de biblioteci geospațiale disponibile în indexul pachetelor python și aproape toate depind de GDAL sau OGR.

Rezultate

Rezultatele pentru cele 45 de specii analizate în contextul schimbărilor climatice din scenariile S1 (SSP1)-optimist, S2 (SSP2)-moderat și S5 (SSP5)-pesimist pentru perioadele A1 (2021-2040), A2 (2041-2060) și A3 (2080-2100), pentru toate regiunile biogeografice sunt prezentate în tabelul de mai jos. Aceste prescurtări sunt utilizate și mai jos în prezentarea rezultatelor în format tabelar și/sau grafic.

Tabel 22. Vulnerabilitatea climatică prognozată a speciilor în funcție de cele 3 scenarii și 3 perioade climatice

Scenariu/ Perioade	Categorie de vulnerabilitate							
	1	2	3	4	5	6	7	8
S1A1	4	5	6	7	8	9	10	11

S1A2	4	1	3	0	9	2		
S1A3	4	0	9	5	8	3		
S2A1	4	2	8	6	8	1		
S2A2	4	9	7	7	9	3		
S2A3	2	7	0	0	3	6		
S5A1	4	3	7	6	8	1		
S5A2	3	9	0	2	8	6		
S5A3		1	8	4	8	3		

În figura de mai jos și în tabelul 5 se observă creșterea gradului de vulnerabilitate prognozat pentru specii atât de la scenariul S1 spre S5 cât și odată cu succesiunea perioadelor de timp. Procentul speciilor fără vulnerabilitate este relativ constant, doar în S5A3, perioada îndepărtată a scenariului celui mai pesimist, se înjumătățește. O variație asemănătoare dar mai puțin constantă se remarcă și pentru speciile cu vulnerabilitate scăzută. Speciile moderat vulnerabile sunt mai bine reprezentate în prima perioadă (A1) ale fiecărui scenariu climatic, reducându-se în perioadele ulterioare. Speciile cu vulnerabilitate ridicată au o dinamică inversă, crescând ca și proporție în timp, în toate scenariile, similar cu cele cu vulnerabilitate foarte ridicată, care însă au proporții mai mici, cu excepția S5A3. Categoriile speciilor cu vulnerabilitate critică și extrem de critică sunt slab reprezentate în perioadele apropiate, în toate cele trei scenarii însă proporția lor crește în timp, ajungând mai bine reprezentate în S2A3, S5A2 și mai ales S5A3. Este evidentă proporția mare (peste jumătate din total) a speciilor cu vulnerabilitate ridicată până la critică din S5A3 însă trebuie observat că până în 2040, chiar în scenariul optimist S1, este prognozat că 8 specii vor avea o vulnerabilitate foarte ridicată.

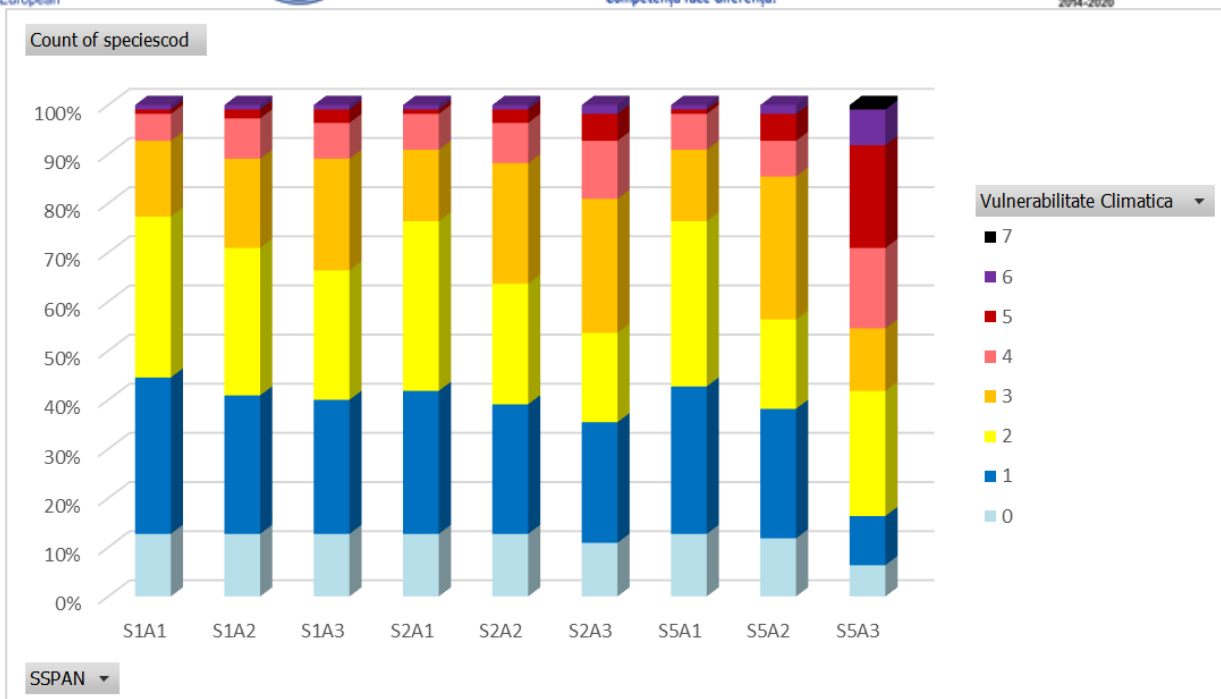


Figura 13. Proportia diferitelor categorii de vulnerabilitate climatică a speciilor în funcție de scenariile și perioadele viitoare analizate

În Figura 2 se pot observa diferențele de vulnerabilitate dintre diferitele grupuri taxonomice, între cele 3 scenarii (S1-S5), odată cu înaintarea în timp (A1-A3). Din punctul de vedere al priorității în vederea adaptării la schimbările climatice, se recomandă analiza „worst case scenario”, reprezentat de S5. Încă din perioada A1, se observă existența, printre mamifere, a unor specii cu stare de vulnerabilitate foarte ridicată și critică, deși majoritatea mamiferelor analizate au vulnerabilitate scăzută până în A3. O altă categorie problematică sunt moluștele, cu capacitate redusă de dispersie, dintre care unele au vulnerabilitate ridicată încă din A1 crescând până la critică spre A3. Și plantele prezintă specii cu vulnerabilitate ridicată și chiar critică încă din A1, în A3 mai bine de jumătate din speciile de plante fiind cu vulnerabilitate foarte ridicată până la critică. Celelalte grupuri taxonomice (Amfibieni, Artropode, Pești și Reptile), au o vulnerabilitate mai redusă în S5A1, datorită distribuției geografice mai largi și a stării favorabile de conservare actuală, însă cu trecerea spre A3 și în aceste grupuri apare un număr ridicat de specii cu stare ridicată sau foarte ridicată de vulnerabilitate climatică.

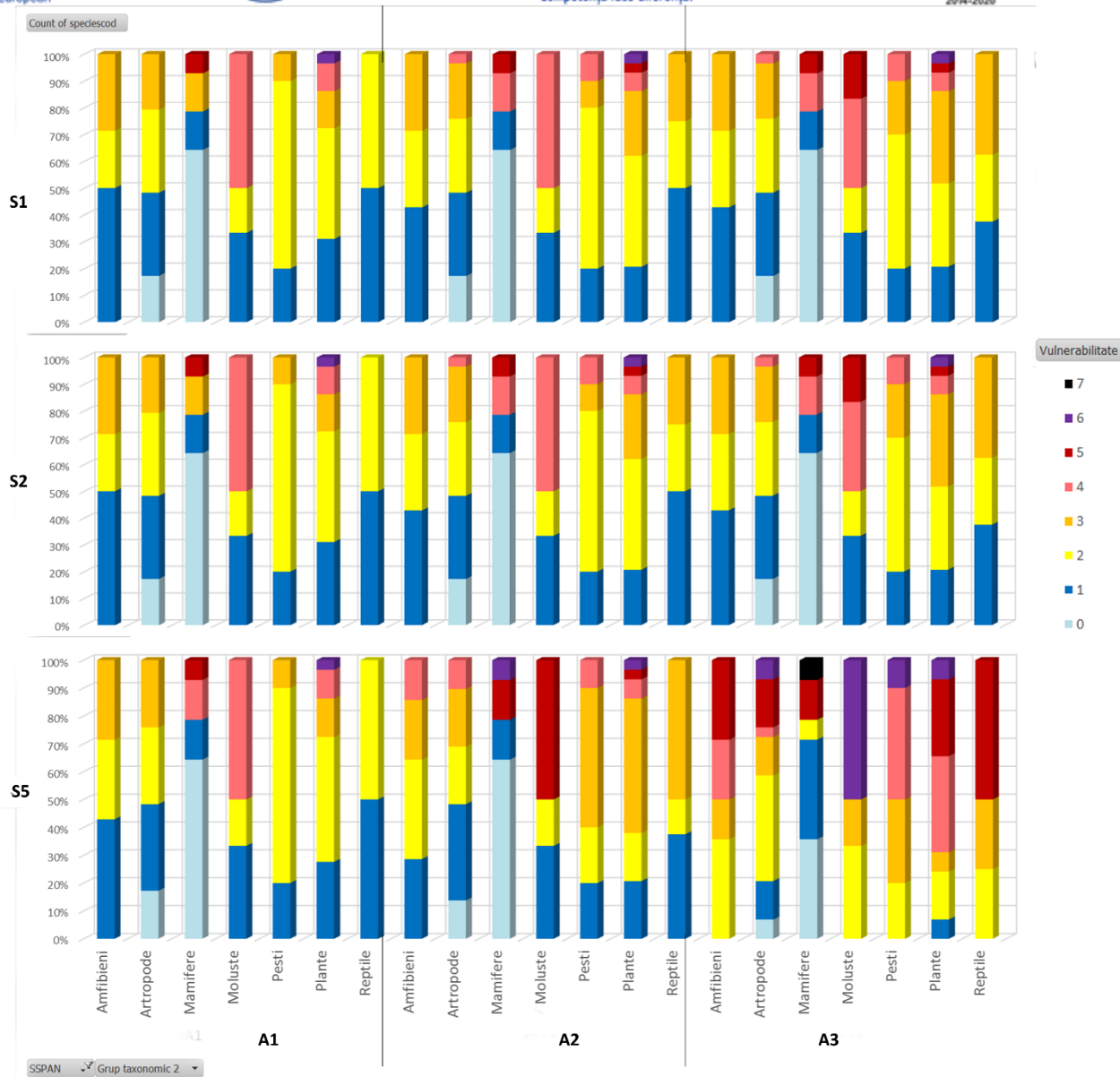


Figura 14. Categoriile de vulnerabilitate climatică a grupelor taxonomice în funcție de scenarii și de perioadele viitoare

Rezultatele obținute pentru cele 45 de specii analizate pot fi utilizate în vederea prioritizării unor strategii de management adaptativ climatic, în funcție de categoria de vulnerabilitate estimată pentru fiecare specie la nivel biogeografic. În acest sens prioritară ar fi, din fiecare regiune biogeografică, speciile evaluate cu vulnerabilitate ridicată din scenariul cel mai pesimist S5 pentru perioada cea mai recentă (S5A1-2020-2041) prezentate în tabelul 5, respectiv în folderul **Anexa-Hărți de vulnerabilitate climatică prognozată pentru specii**. Rezultatele obținute la nivel de scenariu și perioadă viitoare pentru evaluarea vulnerabilității climatice a speciilor din fiecare regiune biogeografică sunt prezentate în tabelul centralizator din **Anexa-Centralizator Vulnerabilitate Climatică Specii** (format .xls).

Tabel 23. Vulnerabilitatea climatică prognozată pentru speciile analizate în fiecare bioregiune geografică, scenarii și perioade viitoare

SCENERIU/BIOREGIUNE/SPECIE								
S1A1	4	5	6	7				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								

Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								

Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								

Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S1A2	4	1	3	0				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								

Coenagrion ornatum								
Cypridium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								

Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								

Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								

Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S1A3	4	0	9	5				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								

Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catabax								
Graphoderus bilineatus								

Iris aphylla subsp. hungarica							
Isophya costata							
Leucorrhinia pectoralis							
Ligularia sibirica							
Maculinea arion							
Marsilea quadrifolia							
Meesia longiseta							
Myotis blythii							
Pelobates fuscus							
Pelobates syriacus							
Pilemia tigrina							
Pontechium maculatum subsp. maculatum							
Rana arvalis							
Rosalia alpina							
Rupicapra rupicapra							
Telestes souffia							
Testudo hermanni							
Thymallus thymallus							
Triturus dobrogicus							
Umbra krameri							
Unio crassus							
Vipera ursinii							
PANONICĂ							
Adenophora lilifolia							
Anisus vorticolus							
Castor fiber							
Cerambyx cerdo							
Coenagrion ornatum							
Eriogaster catax							
Iris aphylla subsp. hungarica							
Iris humilis subsp. arenaria							

Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								

S2A1	4	2	8	6				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								

Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								

Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								

Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S2A2	4	9	7	7				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								

Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								

Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								

Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								

Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S2A3	2	7	0	0	3			
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								

Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticolus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								

Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								

Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S5A1	4	3	7	6				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								

Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypridium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								

Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								

Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								

Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S5A2	3	9	0	2				
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								

Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICA								
Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								

Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								

Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								

Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
S5A3		1	8	4	8	3		
ALPINĂ								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Austropotamobius torrentium								
Buxbaumia viridis								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Eptesicus nilssonii								
Gentiana lutea								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Thymallus thymallus								
PONTICĂ								

Coenagrion ornatum								
Graphoderus bilineatus								
Mustela lutreola								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Vipera ursinii								
CONTINENTALĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Adenophora lilifolia								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticulus								
Austropotamobius torrentium								
Campanula serrata								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Cobitis elongata								
Coenagrion ornatum								
Cottus transsilvaniae								
Crambe tataria								
Cypripedium calceolus								
Dracocephalum austriacum								
Elaphe sauromates								
Eptesicus nilssonii								
Eriogaster catabax								
Graphoderus bilineatus								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Isophya costata								
Leucorrhinia pectoralis								
Ligularia sibirica								
Maculinea arion								

Marsilea quadrifolia								
Meesia longiseta								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Rana arvalis								
Rosalia alpina								
Rupicapra rupicapra								
Telestes souffia								
Testudo hermanni								
Thymallus thymallus								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								
Vipera ursinii								
PANONICĂ								
Adenophora lilifolia								
Anisus vorticulus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Iris humilis subsp. arenaria								
Isophya costata								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Pelobates fuscus								
Rana arvalis								
Triturus dobrogicus								

Umbra krameri								
Unio crassus								
STEPICĂ								
Ablepharus kitaibelii								
Agrimonia pilosa								
Anisus vorticolus								
Castor fiber								
Cerambyx cerdo								
Coenagrion ornatum								
Crambe tataria								
Elaphe sauromates								
Eriogaster catax								
Iris aphylla subsp. hungarica								
Maculinea arion								
Marsilea quadrifolia								
Mesocricetus newtoni								
Mustela lutreola								
Myotis blythii								
Pelobates fuscus								
Pelobates syriacus								
Pilemia tigrina								
Pontechium maculatum subsp. maculatum								
Testudo hermanni								
Triturus dobrogicus								
Umbra krameri								
Unio crassus								

Diferențele (abaterea climatică) medie estimată din toate cele 19 variabile bioclimatice pot fi utilizate pentru a pune în evidență diferențele de expunere climatică dintre populațiile speciilor, care adeseori au grad diferit de expunere climatică și implicit vulnerabilitate climatică diferită. Figura 3 ilustrează situația speciei Natura 2000 *Iris aphylla* ssp. *hungarica*, care în Scenariul S5 perioada 2021-2040, prezintă expunere climatică ridicată (exprimată prin abaterea medie față de nișa climatică de referință din perioada 1970-2000) în celulele situate în sud-estul și vestul României și redusă în zona centrală.

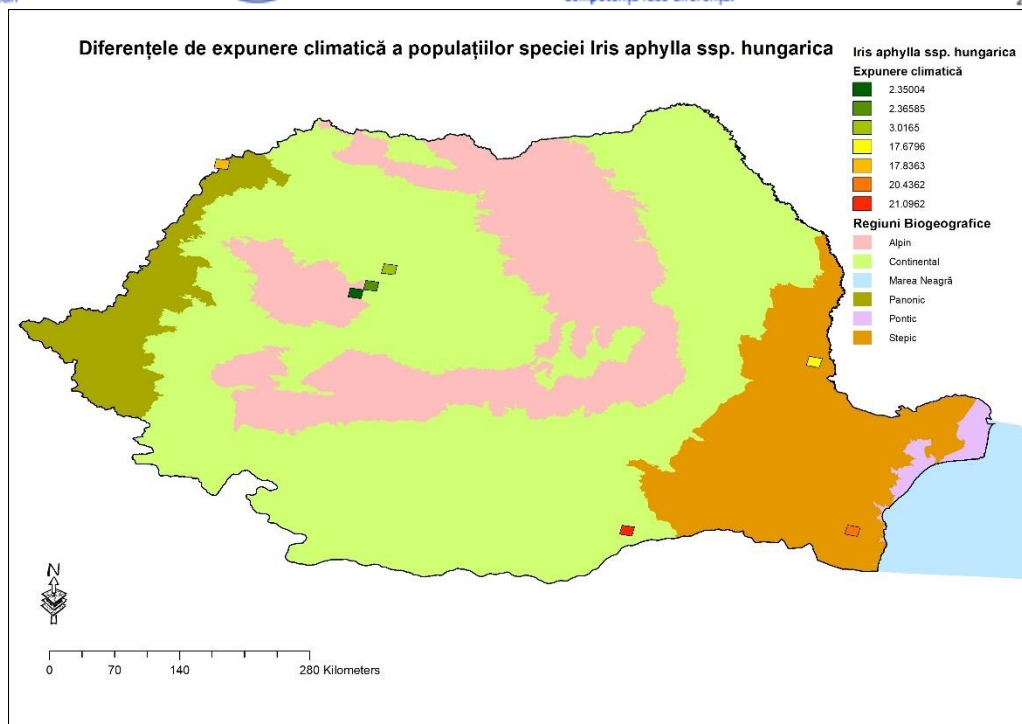


Figura 15. Diferențele de expunere climatică la nivel de celulă de distribuție a speciei 4097-Iris aphylla ssp. hungarica

Evaluarea expunerii climatice la nivel de bioregiune, dar mai ales la nivel de puncte de distribuție pentru fiecare specie (în cazul disponibilității datelor spațiale de rezoluție mare) permite evaluarea vulnerabilității speciilor de interes conservativ de floră și faună și al populațiilor acestora la nivelul ariilor naturale protejate pentru stabilirea priorităților pentru proiectarea și implementarea măsurilor de adaptare.

V.2 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra ariilor naturale protejate

V.2.1 Ariile protejate și adaptarea la schimbările climatice

Ariile Protejate (AP) joacă un rol fundamental în conservarea biodiversității, precum și în menținerea serviciilor de ecosistem (de ex. stocarea carbonului), inclusiv de furnizare de resurse naturale precum apă, lemn, alimente și alte materii prime, pe lângă serviciile culturale și spirituale. Cu toate acestea, biodiversitatea și AP sunt supuse unor amenințări tot mai mari din cauza activităților și presiunilor antropice, care sunt acum exacerbate de schimbările climatice (Root *et al.*, 2003; Hannah, 2008; Campbell *et al.*, 2009; Glick, Stein and Edelson, 2011; Füssel *et al.*, 2012; HABIT-CHANGE, 2013; Ursu *et al.*, 2020; Pörtner *et al.*, 2021). Schimbările climatice și activitățile antropice reprezintă provocări semnificative pentru speciile și habitatele protejate și pentru strategiile de management pentru conservarea acestora. Aceste impacturi provoacă inițial schimbări în distribuția speciilor, precum și modificări ale efectivelor populaționale sau chiar extincții (dispariții) ale unor populații din anumite perimetre, efecte ce se propagă apoi, cu diferite intensități, la nivelul habitatelor și a ecosistemului integrator (Campbell *et al.*, 2009; Pörtner *et al.*, 2021; Sun *et al.*, 2021).

În acest context, ariile protejate se confruntă cu necesitatea presantă de a evalua și monitoriza efectele schimbărilor, de a își adapta managementul și de a găsi măsuri de management adaptativ (flexibile), care să susțină obiectivele de conservare actuale și viitoare ale acestora. Obiectivul principal al acestei secțiuni este de a prezenta procesul de identificare a acțiunilor de evaluare a impactului climatic, a instrumentelor și strategiilor pentru adaptarea la schimbarea climei prin creșterea rezilienței AP-urilor și de a contribui la creșterea capacității administrative în vederea implementării acestora.

Pentru a se dezvolta și elabora aceste acțiuni de evaluare, strategii și instrumente necesare adaptării și atenuării efectelor schimbărilor climatice s-a realizat o documentare tehnico-științifică privind situația la nivel global, european și național, astfel încât cele mai bune practici și acțiuni să poată fi dezvoltate în contextul climatic specific național al ariilor protejate și a biodiversității din România. În general, procesul de adaptare la schimbările climatice este unul ciclic și include următoarele etape principale¹³:

1. Etapa de pregătire a întregului proces de adaptare climatică
2. Evaluarea riscurilor și a vulnerabilității la schimbări climatice
3. Identificarea, evaluarea și selectarea strategiilor și acțiunilor optime de adaptare la schimbări climatice (vezi Capitolul VI.1)
4. Implementarea acțiunilor de adaptare (vezi Capitolul VI.2)
5. Monitorizarea și evaluarea rezultatelor, management adaptativ (vezi Capitolul VI.3)

V.2.2. Etapa de pregătire a procesului de adaptare climatică

Etapa de pregătire a procesului de adaptare climatică include pregătirea procesului de planificare, organizarea și explorarea contextului general pentru adaptarea climatică. Această etapă trebuie implementată de un grup restrâns de experți și factori de decizie la nivelul ariei protejate sau a rețelei de arii protejate, care să realizeze un consorțiu format din administratorii ariilor, experți, reprezentanți ai comunităților locale și proprietari de terenuri, precum și alți factori interesați (Bouwma *et al.*, 2012; HABIT-CHANGE, 2013; Gross *et al.*, 2016).

În faza de pregătire, cei mai importanți factori interesați sunt factorii de decizie la nivelul ariilor protejate: administratori, custozii și alte instituții responsabile de protecția mediului. Scopul implicării acestora este de a spori sprijinul și angajamentul în cadrul instituțiilor și administrațiilor responsabile de conservarea biodiversității. Incluziunea altor factori interesați se poate efectua numai după ce au fost identificate obiectivele de conservare vizate de procesul de adaptare climatică. Apoi, într-o altă rundă, participarea tuturor părților interesate este utilă pentru identificarea intereselor acestora cu privire la obiectivele de conservare (de exemplu, speciile vizate și dimensiunea zonei) și rezultatele așteptate (de exemplu, în ceea ce privește obiectivele economice și sociale), în vederea identificării de soluții benefice pentru toate părțile implicate (HABIT-CHANGE, 2013).

În această etapă se explorează contextul general pentru adaptarea climatică și se colectează informații metodice și tehnice relevante, se stabilește scopul și obiectivele de conservare vizate pentru adaptarea climatică și se contactează partenerii posibili pentru derularea întregului proces de adaptare climatică (administratori, experți, reprezentanți ai

¹³ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool/step-1-0>

comunități locale, factori interesați). Astfel, etapa de pregătire a procesului de adaptare are următoarele obiective principale:

- Selectarea obiectivelor de conservare care ar fi cel mai afectate de schimbările climatice (specii, habitate, ecosisteme, formațiuni geologice, etc.)
- Definirea obiectivelor de conservare vizate din ariile protejate, precum și a impactului așteptat al schimbărilor climatice regionale, în vederea dezvoltării unui program de lucru „realist” pentru procesul de adaptare.
- Definirea exactă a rezultatelor așteptate, fiind esențială pentru stabilirea etapele de lucru și pentru a identifica datele și metodele necesare.

Definirea și specificarea obiectivelor de conservare din ariile protejate, precum și a rezultatelor așteptate este un proces de decizie care ar trebui să fie bine documentat și transparent. Criteriile de selectare a caracteristicilor de conservare vizate pot fi: obiectivele de conservare din planul de management existent, obiective de conservare din planuri și programe regionale, naționale sau internaționale, speciile și habitatele de interes comunitar din directivele europene, speciile de pe listele roșii, etc. (Feenstra *et al.*, 1998; European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Gross *et al.*, 2016). De asemenea, se pot folosi informațiile rezultate din studiile și cercetările efectuate până în prezent pentru AP analizate. Aceste informații pot conduce la identificarea țintelor de conservare aflate la risc climatic (care sunt cele mai probabil și intens amenințate) sau la identificarea unor „puncte fierbinți” (hot spoturi climatice) de modificări climatice identificate asupra unor areale cu biodiversitate (Foden *et al.*, 2013; HABIT-CHANGE, 2013; Cheval *et al.*, 2020). În același timp, sunt importante și perspectivele privind factorilor interesați: tipul și numărul de părți interesate care trebuie implicate, experiența de management, disponibilitatea datelor, prioritățile de conservare și îmbunătățire a managementului, posibile conflicte și sinergii cu alte caracteristici și/sau obiective de conservare etc. (Bouwma *et al.*, 2012; European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Rannow and Neubert, 2014).

Revizuirea obiectivelor, strategiilor și măsurilor existente privind adaptarea lor pentru schimbările climatice este necesară pentru identificarea caracteristicilor și obiectivelor de conservare vizate de procesul de adaptare. Este, de asemenea, importantă identificarea incertitudinilor precum și modalitatea de gestionare a acestora în cadrul procesului de adaptare (Fritzsche *et al.*, 2014; Foden and Young, 2016; ISO 14091:2021 (E), 2021).

V.2.3 Evaluarea riscurilor și a vulnerabilității la impactul schimbărilor climatice în arii protejate

Înțelegerea modului în care speciile, habitatele, ecosistemele și procesele ecologice sunt deja afectate de schimbările climatice și cum vor evolua cel mai probabil acestea în condițiile viitoare este esențială pentru dezvoltarea strategiilor de adaptare¹⁴ (Glick, Stein and Edelson, 2011; European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; McGuinn and Hernandez, 2013; Rannow and Neubert, 2014; Gross *et al.*, 2016; Hilty *et al.*, 2020). Areele geografice extinse, inclusiv perimetrele ariilor protejate vor fi expuse unei combinații de temperaturi crescute, furtuni mai intense, cicluri hidrologice modificate și alte efecte climatice care vor avea un impact asupra valorilor ecologice și culturale, ale activităților comunităților locale și ale vizitatorilor (Feenstra *et al.*, 1998; Hannah, 2008;

¹⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool>

Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016; Pörtner *et al.*, 2021). Deoarece clima afectează practic toate speciile și procesele ecologice care le susține, administratorii de arii protejate vor trebui să realizeze **EVSC-Evaluarea Vulnerabilității și a Riscurilor la Schimbările Climatice** (Glick, Stein and Edelson, 2011).

Vulnerabilitatea la schimbările climatice este măsura în care (sau predispoziția) un sistem biologic este susceptibil de a fi afectat sau de a se adapta la efectele directe și indirecte ale schimbărilor climatice, inclusiv variabilitatea și fenomenele extreme¹⁵. Vulnerabilitatea este în funcție de caracteristicile, magnitudinea și rata de variație climatică la care este expus un sistem, sensibilitatea și capacitatea sa de adaptare (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; McGuinn and Hernandez, 2013; Fritzsche *et al.*, 2014; IPCC, 2014).

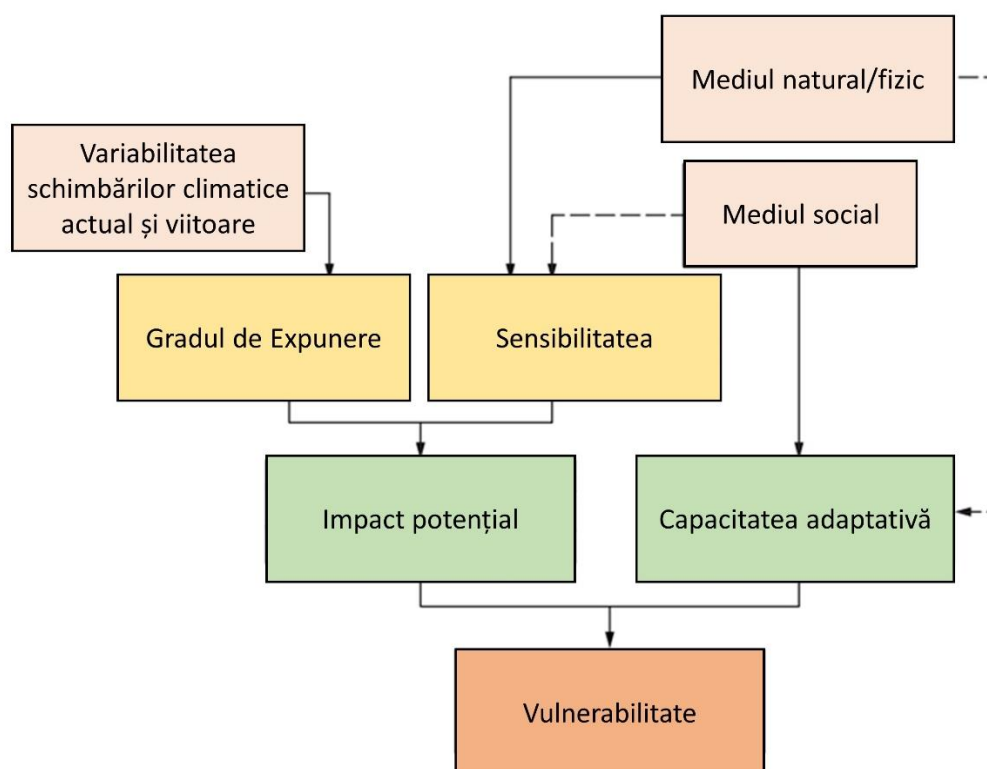


Figura 16. Ilustrarea modelului conceptual pentru evaluarea vulnerabilității (adaptat după Fritzsche *et al.* 2014 și Gross *et al.* 2016)

Vulnerabilitatea speciilor și a habitatelor la schimbări climatice este rezultatul interacțiunii dintre trei factori principali: **gradul de expunere, sensibilitatea și capacitatea adaptativă**. Impactul schimbărilor climatice este măsurat în funcție de combinația dintre cât de expus este sistemul biologic analizat (de ex. speciile, habitatele, ecosistemele, ariile protejate) la modificările de climă și cât de sensibil este acesta la gradul de expunere (IPCC, 2014; Gross *et al.*, 2016). Vulnerabilitatea este apoi evaluată pe baza impactului potențial (estimat pe baza sensibilității și a gradului de expunere) în funcție de capacitatea de adaptare a sistemului biologic la impactul cauzat de schimbările climatice.

Gradul de expunere ne indică măsura în care un sistem biologic este expus la variații semnificative ale climatului. Expunerea este de obicei măsurată prin evaluarea unor

¹⁵ <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/vulnerability>

parametrii precum: rata și amploarea schimbărilor de temperatură, precipitații, creșterea nivelului mării, frecvența inundațiilor și alți factori fizici care acționează asupra sistemului analizat. Gradul de expunere este evaluat prin intermediul proiecțiilor rezultate din modele bioclimatice (Bouwma *et al.*, 2012; IPCC, 2014; Gross *et al.*, 2016).

Sensibilitatea unui sistem biologic (specii, habitate, ecosisteme) este dată de gradul în care este afectat fie în mod negativ, fie în mod benefic, de variabilitatea sau schimbarea climei (Gross *et al.*, 2016; Foden *et al.*, 2019). Efectul poate fi direct (de exemplu, modificarea arealului de distribuție ca răspuns la o modificare a mediei, intervalului sau variabilității temperaturii) sau indirect (de exemplu, daune cauzate de o creștere a frecvenței inundațiilor de coastă din cauza creșterii nivelului mării). Sensibilitatea depinde de o varietate de factori, inclusiv de eco-fiziologie, ciclul de dezvoltare și de preferințele pentru micro-habitat (Gross *et al.*, 2016; Foden *et al.*, 2019).

Capacitatea adaptativă se referă la capacitatea unui sistem biologic de a se adapta la schimbările climatice (inclusiv variabilitatea și extremele climatice), de a atenua daunele potențiale, de a profita de oportunități sau de a face față consecințelor modificărilor climatice. Parametrii care conferă capacitatea de adaptare pot fi intrinseci sau extrinseci obiectivului de conservare și include capacitatea de a se muta în micro-habitat locale mai potrivite sau de a migra în regiuni mai potrivite, flexibilitate fenologică (capacitatea de ajustare a perioadei de înflorire, migrație sau hibernare), diversitate genetică și funcțională a proceselor ecologice, etc. moderată de capacitatea de adaptare (Gross *et al.*, 2016; Foden *et al.*, 2019). Sensibilitatea și capacitatea adaptativă a speciilor și habitatelor protejate pot fi evaluate prin studii empirice, observaționale și de modelare (Guisan, Weiss and Weiss, 1999; Guisan and Zimmermann, 2000; Guisan, Edwards and Hastie, 2002; Elith *et al.*, 2006).

Evaluarea celor trei componente de bază ale vulnerabilității, permite administratorilor de AP estimarea riscurilor aferente producerii schimbărilor climatice.

În 2014, IPCC¹⁶ (IPCC, 2014) a modificat modelul conceptului pentru determinarea impactului schimbărilor climatice de la o abordare bazată pe evaluarea vulnerabilității, la una orientată pe evaluarea riscurilor, însă în domeniul conservării biodiversității centrarea se păstrează pe evaluarea vulnerabilității incluzând și estimarea riscurilor (Foden *et al.*, 2019; ISO 14091:2021 (E), 2021).

Riscul climatic (hazard climatic) rezultă din combinația dintre probabilitatea viitoare de apariție a evenimentului climatic și amploarea impactului aceluși eveniment (IPCC, 2014). Astfel, **riscul cauzat de schimbările climatice** este rezultatul interacțiunii dintre trei factori: hazardul climatic (de ex. frecvența și intensitatea secetei), gradul de expunere și vulnerabilitate a sistemului biologic¹⁷.

Riscurile climatice cheie sunt cele cu consecințe adverse potențial grave pentru oameni și sistemele socio-ecologice. Riscurile emergente apar din impacturi indirecte sau pe distanțe mari și pot include consecințe neintenționate ale răspunsurilor antropice la schimbările climatice. EVSC oferă informații importante care îi ajută pe administratorii de arii protejate să identifice tipurile de acțiuni și măsuri care pot reduce în mod eficient riscurile climatice. Rezultatele din EVSC sunt adesea prezentate sub forma unei liste de ierarhizate în funcție de vulnerabilitatea speciilor și habitatelor de interes conservativ. De asemenea, EVSC prezintă și de ce obiectivele de interes conservativ sunt vulnerabile din punct de vedere climatic. Aceste informații, documentate științific în EVSC permit

¹⁶ IPCC-The Intergovernmental Panel on Climate Change

¹⁷ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/adaptation-support-tool/step-2-1>

identificarea acțiunilor optime de adaptare și permit formularea unor strategii ce adresează vulnerabilitatea sistemelor biologice la riscurile climatice.

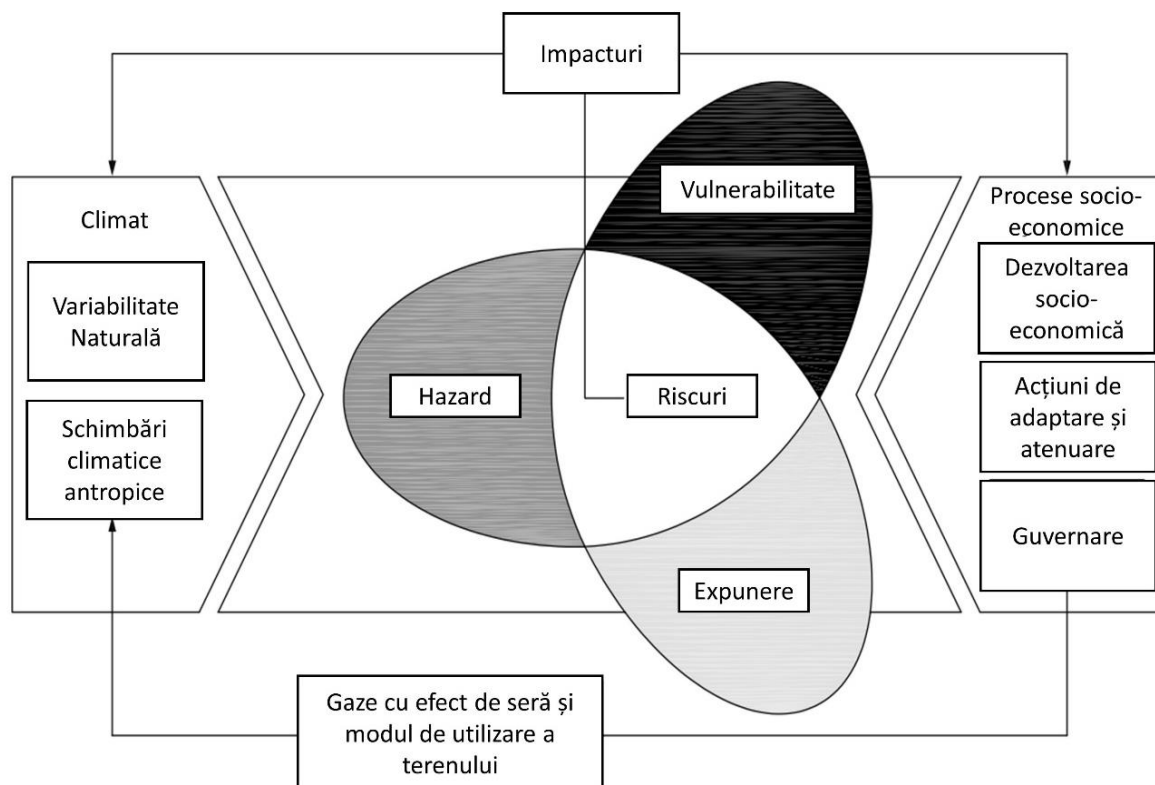


Figura 17. Modelul conceptual de evaluare a riscurilor (adaptat după IPCC, 2014)

V.2.3.1 Metode de evaluare a vulnerabilității și a riscurilor în arii protejate

Procesul de evaluare a vulnerabilității include evaluări ale impactului schimbărilor climatice și ale capacității speciilor și habitatelor din cadrul rețelei de arii protejate de a răspunde cu succes la aceste impacturi. Magnitudinea și frecvența schimbărilor climatice la care ar putea fi expuse sistemele biologice (expunerea) și gradul în care specia sau habitatul ar putea fi afectate (sensibilitate) sunt corelate în modele bio-climatice pentru a oferi o măsură a impactului și o estimare a riscului aferent. Capacitatea speciilor sau habitatelor afectate de a răspunde cu succes la schimbările climatice (capacitate de adaptare) este apoi evaluată pentru a stabili vulnerabilitatea.

EVSC poate fi efectuată pentru specii, habitate și ecosistemele din cadrul unei rețele de arii protejate, la nivel național sau continental, etc. având în principal rolul de a evalua:

- Ce specii, habitate sau alte obiective de interes conservativ sunt cele mai vulnerabile la schimbările climatice?
- De ce sunt acestea vulnerabile la schimbările climatice?
- Unde anume într-un anumit areal geografic sunt acestea cel mai vulnerabile?
- Când și cum vor fi acestea cel mai probabil afectate?

Până în prezent nu există standarde adoptate la nivelul UE privind modul de desfășurare a EVSC, însă a fost publicată o norma ISO 14091:2021- *Adaptation to climate change-Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment*¹⁸ (ISO 14091:2021 (E), 2021) care conține o selecție a abordărilor, metodelor, instrumentelor și strategiilor ce pot fi utilizate în vederea adaptării la efectele schimbărilor climatice.

EVSC-urile elaborate la nivel național până în prezent în UE conțin etapele generale menționate în norma ISO 14091:2021 (E), însă selectarea abordării precum și a metodelor tehnico-științifice de urmat depinde mult de contextul național privind situația biodiversității și a rețelei de arii protejate, de proiecțiile climatice regionale, de așteptările și necesitățile de management adaptativ, precum și de resursele disponibile în cadrul agențiilor responsabile de administrarea ariilor protejate și conservarea biodiversității. În acest sens Raportul EEA¹⁹ Nr. 1/2018 - *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe* (EEA-European Environment Agency, 2018). În cazul României, acest raport a inclus elaborarea Strategiei Naționale privind schimbările climatice, fără să abordeze evaluarea pe direcția de adaptare la efectele schimbărilor climatice în domeniul biodiversității și ariilor protejate (EEA-European Environment Agency, 2018).

Pentru siturile din Rețeaua Natura 2000 la nivel european, în anul 2013 a fost elaborat ghidul: *Guidelines on climate change and Natura 2000: dealing with the impact of climate change, on the management of the Natura 2000 network of areas of high biodiversity value*²⁰, pentru atingerea obiectivelor Strategiei anterioare pentru Biodiversitate (Strategia 2020). Acesta prezintă o sinteză cu diferite măsuri adaptative de management aplicate în cadrul ariilor protejate din Rețeaua Natura 2000, în vederea atenuării efectelor schimbărilor climatice rezultate din câteva studii de caz din diferite situri din UE, ce nu cuprind însă situri din România (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013).

Unele studii și ghiduri elaborate până în prezent prezintă cele mai bune practici și acțiuni pentru proiectarea și structurarea unei EVSC așa cum au rezultat din studiile de caz din zonele respective, pentru a crește capacitatea de gestionare a AP-urilor pe direcția de adaptare la schimbările climatice (Harley *et al.*, 2010; HABIT-CHANGE, 2013; European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; Williams *et al.*, 2014; Fritzsche *et al.*, 2014; Rannow and Neubert, 2014; Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016; Foden *et al.*, 2019; Hilty *et al.*, 2020).

Cercetările privind expunerea și sensibilitatea speciilor din UE la schimbările climatice sunt destul de abundente în literatura științifică, în special pentru speciile din nordul și din zona sub-alpină, alpină (Thuiller, 2004; Thuiller *et al.*, 2005; Pilotto *et al.*, 2020). Aceste studii au folosit o varietate de abordări pentru a înțelege impactul schimbărilor climatice asupra speciilor, inclusiv analize ale datelor observate și proiecții modelate și evaluări bazate pe experiența și cunoștințele științifice ale experților. Puține proiecte au trecut dincolo de evaluarea expunerii și a sensibilității la o abordare structurată care ia în considerare și capacitatea de adaptare și, prin urmare, vulnerabilitatea, în special deoarece acest parametru necesită studii și cercetări ecologice de lungă durată (de los Ríos, Watson and Butt, 2018).

¹⁸ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14091:ed-1:v1:en>

¹⁹ EEA-European Environmental Agency

²⁰ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/59c03f44-f672-4f61-bbf7-5422479cf6bb>

Literatura de specialitate pentru evaluarea impactului și a vulnerabilității la schimbările climatice asupra ariilor protejate și a obiectivelor de conservare (Hannah, 2008; Harley *et al.*, 2010; Glick, Stein and Edelson, 2011; European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; HABIT-CHANGE, 2013; Johnson, 2014; Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016; Pörtner *et al.*, 2021) indică existența următoarelor abordări/metode de evaluarea a vulnerabilității și impactului la schimbările climatice (EVSC) pe direcția de adaptare a biodiversității și ariilor protejate:

- metode de evaluare a vulnerabilității bazate pe cunoștințele experților
- metode bazate pe evaluarea vulnerabilității speciilor
- metode bazate pe evaluarea vulnerabilității habitatelor
- metode bazate pe evaluarea serviciilor și proceselor de ecosistem
- metode integrate de evaluare a vulnerabilității anumitor areale geografice (locații) precum: rețeaua de arii protejate și a obiectivelor de interes conservativ.

Dintre acestea, EVSC-urile pentru AP reprezintă o combinație de metode care integrate, evaluează vulnerabilitatea speciilor, habitatelor, ecosistemelor și peisajelor, precum și a serviciilor ecosistem din arealele protejate în vederea elaborării de strategii de adaptare și măsuri de management pe direcția de adaptare și/sau atenuare a efectelor schimbărilor climatice în cadrul perimetrelor cu rol protectiv (Johnson, 2014).

Vulnerabilitatea climatică a speciilor, habitatelor și a AP-urilor la schimbările climatice poate fi evaluată prin cel puțin două metodologii complementare:

- Modele de distribuție ale speciilor bazate pe date certe de prezențe/absențe/abundență
- Evaluarea vulnerabilității speciilor/habitatelor bazate pe trăsături biologice (caracteristici ecologice și biologice).

În continuare, EVSC este prezentată în funcție de ceea ce trebuie să cunoască administratorii de arii protejate în vederea conducerii și derulării în condiții optime a evaluării riscurilor și vulnerabilității climatice. Un îndrumar privind alte detalii tehnico-științifice privind evaluarea vulnerabilității biodiversității și a elementelor de interes conservativ este prezentată în secțiunea V.1 precum și în literatura de specialitate (Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016).

Indiferent de abordare sau de nivelul de detaliu, majoritatea EVSC-urilor includ desfășurarea următoarelor etape, în care administratorii de arii protejate au în principal rolul de a conduce și coordona evaluarea riscului și a vulnerabilității la modificarea climei (Fritzsche *et al.*, 2014; Gross *et al.*, 2016):

- Stabilirea scopului și a obiectivelor evaluării de risc și vulnerabilitate climatică
- Formarea unei echipe inter-disciplinare de lucru formată din administratorii ariilor protejate, experți (în domeniul tehnico-științific, socio-economic, etc), alți factori interesați.

- Analiza și modelarea climei actuale (inclusiv pe baza datelor istorice din ultimele decenii) și realizarea de proiecții privind evoluția pe viitor a acesteia (scenarii climatice), analiza modului de utilizare a terenurilor, a factorilor demografici, precum și a altor factori climatici și non-climatici importanți.
- Evaluarea gradului de expunere, a sensibilității și a capacității de adaptare a elementelor de interes conservativ (biodiversitate, specii, habitate, ecosisteme, procese ecologice, formațiuni geologice, peisaje, etc.).
- Evaluarea schimbărilor care au avut loc deja până la momentul analizei pentru specia, ecosistemul sau procesul ecologic de interes. Acolo unde este posibil, se face determinarea cauzei cele mai probabile deoarece schimbarea poate să fie cauzată fie de factorii climatici, fie de factori non-climatici.
- Aplicarea unei metode obiective de notare, evaluare și ierarhizare a vulnerabilității elementelor de interes conservativ din arii protejate.
- Estimarea incertitudinilor din cadrul scenariilor proiectate atât în ceea ce privește schimbarea factorilor climatici și non-climatici, cât și răspunsul preconizat al speciilor, habitatelor și ecosistemului. Incertitudinea poate fi estimată folosind cunoștințele experților sau pe baze statistice.
- După caz, o analiză a conectivității spațiale pentru zonele potențial vulnerabile, inclusiv o evaluare a potențialelor refugii climatice (adică dacă există zone cu expunere scăzută la schimbările climatice) și/sau a coridoarelor ecologice.
- Documentație tehnico-științifică privind obiectivele de conservare evaluate, metoda și protocolul de evaluare utilizat, rezultatele obținute privind vulnerabilitatea speciilor și habitatelor, inclusiv o ierarhizare a acestora în funcție de riscul climatic.

În vederea proiectării și conducerii EVSC în ariile protejate, administratorii acestora trebuie să utilizeze un design de evaluare bazat pe necesitățile de management ale elementelor de interes conservativ. Pentru evaluarea vulnerabilității speciilor, habitatelor și a AP-urilor la schimbările climatice este necesară elaborarea și/sau analizarea/prelucrarea proiecțiilor climatice la nivel național, regional și local specific. În acest sens, este foarte importantă faza de colectare a datelor climatice, a celor privind biologia și ecologia obiectivelor de conservare, a factorilor abiotici și biotici din zona cercetată, precum și a celor privind aspectele socio-economice (de ex. modul de utilizare a terenurilor). Se trece la elaborarea nișelor climatice pentru teritoriul studiat, apoi analiza acestora la nivelul rețelei naționale de arii protejate, urmată de transpunerea acestor proiecții într-un soft de analiză și modelare GIS care să analizeze integrat datele bioclimatice cu cele privind biodiversitatea și AP. Având aceste seturi de informații se poate realiza evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra arealului de distribuție, respectiv a populațiilor speciilor cu statut de protecție. Pot fi identificate specii ale căror

areal se va extinde, precum speciile invazive (Sîrbu *et al.*, 2021), precum și cele care își vor diminua efectivul populațional și/sau arealul de distribuție (Mânzu *et al.*, 2013; Gherghel *et al.*, 2016).

Impacturile climatice directe asupra speciilor includ, de exemplu, modificări ale ciclului de viață al plantelor și animalelor (începutul și sfârșitul sezonelor de creștere sau sezonelor de reproducere se pot modifica), schimbarea relațiilor între-specifice (interacțiuni prădător-pradă sau relații simbiotice). De asemenea, temperaturile crescute și nivelurile mai ridicate de CO₂ influențează fiziologia speciilor prin creșterea ratei de fotosinteză și respirație, care determină modificări de biomasă (Ciceu *et al.*, 2020). Alte impacturi ale schimbărilor climatice asupra speciilor sunt indirecte, prin modificări ale condițiilor abiotice ale habitatelor, precum modificări ale pânzei freatice subterane sau creșterea eroziunii. Ca urmare a schimbărilor climatice, zona în care speciile găsesc condiții climatice adecvate se poate modifica (Iojă *et al.*, 2010; Popescu *et al.*, 2013; Pilotto *et al.*, 2020).

Impactul schimbărilor climatice va interacționa cel mai adesea și cu presiunile deja existente: de exemplu, eutrofizarea poate fi sporită de fluctuațiile crescute ale pânzei freatice de apă. Modificarea distribuției arealului geografic al speciilor ca răspuns la schimbările climatice va fi limitată de fragmentarea habitatului și de disponibilitatea habitatului, în zonele noi care sunt adecvate din punct de vedere climatic. Toate aceste impacturi individuale vor duce la schimbări în compoziția și funcționarea speciilor a ecosistemelor și, în cele din urmă, la pierderea speciilor. În plus, modificarea utilizării terenurilor și a resurselor naturale pe măsură ce societatea se adaptează la schimbările climatice poate reprezenta o preocupare mai mare decât impacturile directe și indirecte menționate, datorită amplitudinii, amplitudinii și vitezei lor (Harley *et al.*, 2009; Bouwma *et al.*, 2012; HABIT-CHANGE, 2013).

V.2.3.2 Studii de caz privind evaluarea riscului și a vulnerabilității climatice în arii protejate

Evaluarea vulnerabilității la schimbări climatice a habitatelor din Rețeaua Europeană Natura 2000

Proiectul de evaluare s-a desfășurat pentru EEA²¹, utilizând o metodologie de evaluare a vulnerabilității habitatelor Natura 2000 bazată pe un proiect mai vechi al Comisiei Europene care viza schimbările climatice în legătură cu biodiversitatea și speciile din Rețeaua Natura 2000 (Harley *et al.*, 2009, 2010).

Metodologia dezvoltată în cadrul proiectului, prevede în primul rând, evaluarea informațiilor despre gradul de expunere la schimbările climatice, care ar putea fi experimentat de un habitat și reprezentarea grafică în raport cu sensibilitatea acestuia la acea expunere pentru a oferi o măsură semi-cantitativă a impactului.

În al doilea rând, impactul a fost trasat în raport cu capacitatea de adaptare a aceluși habitat pentru a oferi o măsură a vulnerabilității acestuia. Capacitatea de adaptare a fost evaluată numai pentru acele habitate susceptibile de a fi supuse unor impacturi

²¹ EEA-European Environment Agency

semnificative. Prin corelarea expunerii cu sensibilitatea s-a obținut o estimare semi-cantitativă a impactului schimbărilor climatice (Harley *et al.*, 2010).

Pentru **evaluarea gradului de expunere**, proiecțiile de temperatură pentru anii 2050 și 2080 din modelul de circulație generală cuplată ocean-atmosferă (HadCM3) al Centrului Hadley au fost utilizate pentru scenariile A1, A2, B1 și B2 privind emisiile de gaze cu efect de seră (IPCC, 2000). În scopul analizei detaliate, două scenarii A1 și B1 au fost alese ca fiind reprezentative (Harley *et al.*, 2010):

- Scenariu A1 ce prevede o creștere a temperaturii globale de până la 3,6 °C până în anii 2080 și prevede o situație cu creștere economică foarte rapidă, o populație globală care atinge vârful la mijlocul secolului și scade ulterior și introducerea rapidă a tehnologiilor noi și mai eficiente.
- Scenariul B1 prevede un viitor cu emisii mai scăzute, cu o creștere a temperaturii globale de până la 1,8 °C până în anii 2080. Descrie o societate în care structurile economice se schimbă rapid către o economie a serviciilor și a informațiilor, cu reduceri ale intensității utilizării resurselor și introducerea de tehnologii curate și eficiente din punct de vedere al resurselor. De asemenea, se estimează că populația globală va atinge vârful la mijlocul secolului și va scădea ulterior.

Majoritatea datelor privind **sensibilitatea** habitatelor la schimbările climatice nu au fost disponibile, deoarece acestea necesită studii și cercetări desfășurate de-a lungul a mai multor decenii. Prin urmare, speciile caracteristice ale unui habitat au fost folosite ca proxy pentru acel habitat. Speciile de plante au fost alese deoarece, în virtutea naturii lor sedentare, este probabil să reflecte cel mai bine răspunsurile unui habitat la schimbările climatice. Dacă una sau mai multe dintre aceste specii sunt vulnerabile la schimbările climatice, este rezonabil să ne așteptăm ca habitatul în ansamblu să fie vulnerabil (Harley *et al.*, 2010). Datele din Manualele de Interpretare a Habitatelor²² au fost folosite pentru a identifica speciile caracteristice. Manualul prezintă speciile caracteristice pentru fiecare habitat din UE.

Evaluarea impactului schimbărilor climatice s-a realizat la nivelul rețelei europene de arii protejate Natura 2000, pentru 8 tipuri de habitate de interes comunitar, dintre care 5 sunt prezente și în România. Rezultatele pentru habitatele analizate în contextul schimbărilor climatice din scenariile A1 și B1 pentru anii 2050 și 2080 sunt prezentate în tabelul de mai jos

²² EU Habitat Interpretation Manual, 2007.

https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/2007_07_im.pdf

Tabel 24. Indicii de vulnerabilitate climatică pentru habitatele din rețeaua N2000 evaluate conform scenariilor A1 și A2 pentru anii 2050 și 2080

Habitat	2050		2080	
	A1	B1	A1	B1
9010 Taigaua de vest**	Mare	Mare	Foarte Mare	Foarte Mare
91D0* Turbării cu vegetație forestieră	Mare	Moderat	Foarte Mare	Mare
91G0* Păduri panonice cu <i>Quercus petraea</i> și <i>Carpinus betulus</i>	Scăzut	Scăzut	Moderat	Scăzut
91I0* Păduri stepice euro-siberiene de <i>Quercus spp.</i>	Scăzut	Scăzut	Scăzut	Scăzut
91K0 Păduri ilirice de <i>Fagus sylvatica</i> (<i>Aremonio-Fagion</i>)**	Scăzut	Scăzut	Moderat	Scăzut
9410 Păduri acidofile de molid (<i>Picea</i>) din etajul montan până în cel alpin (<i>Vaccinio-Piceetea</i>)	Moderat	Moderat	Foarte Mare	Mare
9420 Păduri alpine de <i>Larix decidua</i> și/sau <i>Pinus cembra</i>	Moderat	Moderat	Foarte Mare	Mare
9430 Păduri montane și subalpine de <i>Pinus uncinata</i> **	Foarte Mare	Mare	Critic	Foarte Mare

*habitate de interes comunitar

**nu există în România

HABIT-CHANGE-Management adaptativ la modificările induse de schimbările climatice, asupra diversității habitatelor din ariile protejate

În Europa Centrală și de Est, impactul schimbărilor climatice asupra speciilor și habitatelor din siturile Natura 2000 a fost evaluată în cadrul proiectului *HABIT-CHANGE-Management adaptativ la modificările induse de schimbările climatice, asupra diversității habitatelor din ariile protejate*²³ (HABIT-CHANGE, 2013). Proiectul a avut ca obiectiv susținerea unor administrații de arii protejate la nivel european, inclusiv din România (pentru ariile protejate din Munții Bucegi și Delta Dunării) în selectarea celor mai adecvate măsuri de management, capabile să diminueze efectele schimbărilor climatice asupra florei, vegetației și a habitatelor de interes conservativ (HABIT-CHANGE, 2013; Rannow and Neubert, 2014). În cadrul acestui proiect a fost evaluat impactul actual și preconizat al schimbărilor climatice pentru 89 de tipuri de habitate Natura 2000 și au fost identificate șapte clase de impact climatic care afectează cu diferite intensități dar și în mod cumulativ obiectivele de conservare din AP, în funcție de cerințele și caracteristicile bio-ecologice ale speciilor de plante corelate cu arealul lor de distribuție și capacitatea de dispersie (Sârbu *et al.*, 2014, 2020). Au fost identificate șapte clase potențiale de impact ale schimbărilor climatice asupra habitatelor din ariile protejate (Sârbu *et al.*, 2014):

²³ <http://www.habit-change.eu/service/home>

- ✓ sezonabilitate (modificări ale temperaturii medii și maxime, precipitații, zile de îngheț și zăpadă)
- ✓ impact hidrologic (scăderea precipitațiilor în perioada de vegetație, modificarea intensității precipitațiilor și variabilitate),
- ✓ impact asupra solului (modificarea structurii solului, substanțe nutritive și ciluri biogeochimice)
- ✓ creșterea nivelului mării (inundații locale în zonele de coastă),
- ✓ evenimente extreme (ploi abundente, inundații, secetă, incendii, furtuni)
- ✓ creșterea concentrației de CO₂
- ✓ efecte cumulate (schimbarea compoziției și abundenței speciilor, invazia speciilor străine, dezvoltarea dăunătorilor și a patogenilor, schimbările de utilizare a terenurilor).

Amplourea și ritmul schimbărilor climatice pun habitatele forestiere la un risc ridicat. Silvicultura, în general, se confruntă cu dificultăți deosebite, cum ar fi dependența puternică de condițiile existente ale amplasamentului, care nu pot fi modificate, condițiile existente ale arboretelor expuse depunerilor de azot și acidificării, precum și cererilor și necesităților multiple ale societății care au o influență directă asupra strategiilor de management (Sârbu *et al.*, 2014). S-ar putea constata un efect pozitiv asupra creșterii pădurilor pe termen scurt și mediu, datorită modificărilor variabilelor climatice medii, dar pe termen lung seceta și fenomenele meteorologice extreme vor deveni mari factori de risc pentru sustenabilitatea pădurilor (Ciceu *et al.*, 2020).

În România de exemplu, evaluarea vulnerabilităților habitatelor subalpine și alpine din Munții Bucegi, realizate în cadrul proiectului HABIT-CHANGE, susțin faptul că acestea prezintă o vulnerabilitate semnificativă (pentru 50-70 % din specii) la schimbările preconizate de temperatură și umiditate. Dacă la aceasta se adaugă faptul că plantele alpine ar putea ipotetic să migreze doar pe orizontală studiul a concluzionat că habitatele sub-alpine și alpine sunt la rândul lor foarte vulnerabile din punct de vedere climatic (Sârbu *et al.*, 2014, 2020).

3. *Ligularia sibirica* în siturile Natura 2000 din România

S-a realizat evaluarea răspunsului speciei de interes comunitar 1758-*Ligularia sibirica*²⁴ (specie de plantă relict glaciatic) în siturile Natura 2000 din România la schimbările climatice (Mânzu *et al.*, 2013). Rezultatele studiului au arătat că nișa ecologică a speciei *Ligularia sibirica* este în mare parte legată de condițiile climatice reci și umede. Scenariile climatice utilizate au relevat faptul că distribuția viitoare prognozată a nișei bioclimatice a speciei nu va fi afectată, însă eficiența privind capacitatea de conservare a speciei în cadrul Rețelei de arii protejate Natura 2000 din România este sub optim deoarece doar 37.76% din distribuția potențială a speciei se află sub regim protectiv în cadrul AP-urilor (Mânzu *et al.*, 2013). Rezultate similare au fost obținute și în ceea ce privește capacitatea siturilor Natura 2000 de a conserva speciile de plante protejate sau listate în Directiva Habitate (Iojă *et al.*, 2010).

²⁴ <https://eunis.eea.europa.eu/species/159920>

4. Evaluarea vulnerabilității climatice a unor specii de amfibieni și reptile în și din afara ariilor protejate

Un studiu (Popescu *et al.*, 2013) privind evaluarea impactului schimbărilor climatice pentru ani 2020 și 2050 asupra speciilor de reptile și amfibieni din AP din România relevă pentru toate scenariile climatice utilizate faptul că 90% dintre aceste specii vor fi afectate prin reducerea arealului de distribuție. În aceste condiții se recomandă ca măsuri de management adaptativ, atenuarea efectelor modificărilor de areal optim bioclimatic prin asigurarea statutului de conservare a speciilor de herpetofaună și în afara ariilor protejate în special în peisajele menținute prin management tradițional și în terenurile cultivate abandonate (Popescu *et al.*, 2013). Ioja *et al.*, (2010) au analizat extinderea spațială a siturilor Natura 2000 din România și au concluzionat că, în cazul plantelor și speciilor de nevertebrate listate în Directiva Habitate, acoperirea spațială a rețelei de protecție și conservare este mult sub optimul necesar.

5. Asigurarea conectivității spațiale a arealelor de distribuție în și în afara ariilor protejate

Unele studii științifice și ghiduri au relevat importanța majoră a asigurării conectivității spațiale a arealelor de distribuție ca fiind printre principalii factori care pot influența răspunsul speciilor și habitatelor la schimbările climatice, populațiile speciilor și fragmentele de habitate inter-conectate prezintă o reziliență mai mare la schimbările climatice (Belle *et al.*, 2016; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016; UNEP, 2019; Hilty *et al.*, 2020; Okániková *et al.*, 2021). Astfel, s-a evidențiat importanța analizei conectivității spațiale a arealelor de distribuție a speciilor/habitatelor și a ariilor protejate, fiind recomandată ca măsură/instrument de management adaptativ trasarea în sau în afara AP-urilor a: coridoarelor ecologice pentru faună, a zonelor importante de inter-conectare (stepping-stone areas), respectiv a coridoarelor și refugiilor climatice (UNEP, 2019; Hilty *et al.*, 2020).

V.3 Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra serviciilor ecosistemice

V.3.1. Identificarea, clasificarea serviciilor ecosistemice

Serviciile ecosistemelor sunt definite (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) drept beneficiile pe care oamenii le obțin sub formă de bunuri și servicii generate de ecosisteme și sunt clasificate în:

- servicii de producție;
- servicii culturale;
- servicii de reglare;
- servicii de suport.

Servicii de producție

Serviciile de producție de resurse materiale includ beneficii materiale, sub formă de:

- surse de hrană: alimente, furaje, apă potabilă;

- surse de energie: combustibil;
- resurse genetice;
- alte materiale: minereuri, produse bio-chimice, lemn, agregate, fibre etc.
- Pescuit
- Acvacultură
- Lemn utilizat în calitate de combustibil
- Material genetic
- Cules
- Vânătoare
- Produse recoltate din pădure: miere, ciuperci, fructe de pădure etc.
- Pășuni
- Resurse materiale: vegetale, corali, scoici, cauciuc etc.
- Resurse medicinale
- Culturi/ agricultură
- Lemn pentru construcții
- Apă potabilă

Servicii culturale

Serviciile culturale se referă la beneficii non-materiale:

- valoarea turistică;
- valori estetice și de recreere: valoarea estetică a peisajului, surse de inspirație;
- valoarea științifică, de cunoaștere, educație sau informare;
- valoarea istorică;
- valori spirituale și religioase;
- valoarea identitară.
- Valori culturale și istorice
- Sănătate mentală și fizică
- Pace și stabilitate
- Cercetare/ cunoaștere
- Educație
- Recreere/ Turism/ Divertisment
- Valori spirituale/ Locuri naturale sacre
- Identitate, sensul locului
- Calitatea peisajului, estetică
- Sălbăticie și valori simbolice (ca valori culturale)

Servicii de reglare

Serviciile de reglare se referă la beneficiile rezultate din procesele naturale de reglare a proceselor naturale din cadrul ecosistemelor și cuprind beneficii non-materiale, precum:

- conservarea biodiversității;
- procese de reglare a climei;
- procese de reglare a cantității sau a calității apei (purificarea apei);
- procese de reglare a calității aerului;
- polenizare, împrăștierea semințelor;
- procesele de reglare a dăunătorilor și bolilor, a rezistenței la invazii;
- procesele de reglare a eroziunii, stabilizarea versanților;
- protecția împotriva dezastrelor naturale, a vântului sau a alunecărilor de teren.
- Absorbția dioxidului de carbon
- Stocarea dioxidului de carbon
- Eroziune
- Protecția împotriva inundațiilor
- Fluxul de gaze greenhouse
- Stabilizarea solului
- Protecția împotriva avalanșelor
- Reglarea bolilor și a dăunătorilor
- Polenizare/ polenizarea culturilor
- Retenția sedimentelor/ Reglarea cantității de sedimente/ Producerea sedimentelor
- Fluxul de apă sezonier
- Purificarea apei

Servicii de suport

Ecosistemele generează condițiile necesare pentru producerea altor beneficii:

- producție biologică primară: fotosinteza;
- asigurarea și conservarea habitatelor;
- cadru adecvat pentru desfășurarea activităților umane;
- producerea de oxigen atmosferic;
- circuitul apei;
- circuitul nutrienților;
- formarea și consolidarea solurilor;
- biodiversitate.

V.3.2. Elaborarea unor propuneri de cuantificare a serviciilor ecosistemice

În vederea cuantificării serviciilor ecosistemice au fost selectate 4 categorii de servicii ecosistemice și 5 categorii de bunuri/resurse, iar ca s-a calculat valoarea economică și anume:

Servicii ecosistemice
Stocare de carbon
Controlul eroziunii
Turism și recreere
Pescuit
BUNURI /RESURSE
Apă
Fân
Lemn
Produse forestiere ne-lemnoase
Vânătoare

În cele ce urmează, va fi prezentată modalitatea de cuantificare pentru fiecare categorie de servicii ecosistemice / bunuri / resurse.

Stocare de carbon

Capacitatea unui ecosistem de a stoca carbon și implicit de a combate schimbările climatice este în general estimată prin intermediul conținutului de materie organică supraterană și subterană (în sol). Odată ce a fost estimată cantitatea de materie organică, se estimează cantitatea de carbon stocată, considerată în acest caz la 50% din cantitatea totală de biomasă, valoarea economică totală este estimată pe baza prețului de comercializare a CO₂. În cadrul acestei fișe, s-a utilizat o valoare de comercializare de 24.21 Euro / t de CO₂ (<https://markets.businessinsider.com>), respectiv 115 RON (la un curs mediu de 1 RON = 4,74 EUR).

Cantitatea totală de biomasă supraterană în cazul pădurii a fost estimată pe baza unor metode utilizate în silvicultură, respectiv cantitatea totală de biomasă reprezintă câțul înmulțirii dintre volumul de lemn estimat, gravitatea specifică speciilor forestiere (0.484 molid și fag, 0,861 fag, 0.892 stejar, 0.89 alte esențe tari, 0.87 alte esențe moi), greutatea unui metru cub de apă.

În cazul fânețelor și pășunilor, în lipsa unor date cu privire la cantitatea de biomasă din aria protejată vizată, s-au utilizat date din literatură (Pechakova et al. 1999), respectiv 3.95 t / ha pentru biomasa supraterană și 20.43 tone / ha pentru biomasa subterana. Conținutul de carbon a fost considerat la o valoare de 39% din biomasa supraterană și 34% din cea subterană (Gao et al. 2007).

În ceea ce privește ecosistemul de mlaștină, s-a utilizat o valoare de stocare a carbonului de 285 t carbon/ha (Brink et al, 2011).

Tabel 25. Ecosisteme forestiere

Specie	Volum (m ³)	Biomasă supraterană (kg)	Conținut de C (t)	Valoare totală (calculată la valoarea de piață pt 1 t de CO ₂ de 115 RON)
Rășinoase				
Fag				
Stejar				
Alte esențe tari				
Alte esențe moi				
TOTAL				

Tabel 26. Pășuni / fânețe

Ecosistem	Suprafață (ha)	Biom asă supraterană (t/ha)	Biom asă subterană (t/ha)	Conținut de C (t)	Valoare totală (calculată la valoarea de piață pt 1 t de CO ₂ de 115 RON)
Fânețe		3.95	20.43		
Pășuni		1.8	9.31		
TOTAL					

Tabel 27. Ecosisteme de mlaștină

Ecosistem	Suprafață (ha)	Conținut de C (t)	Valoare totală (calculată la valoarea de piață pt 1 t de CO ₂ de 115 RON)
Mlaștini			
TOTAL			

Controlul eroziunii

Cuantificarea pentru acest indicator se poate efectua prin estimarea costurilor aferente degradării solului prin eroziune (care implică scăderea productivității solului, afectarea infrastructurii, afectarea calității apei etc.). Suprafețele despădurite implică o rată de eroziune de până la 6 ori mai mare decât suprafețele împădurite. Un studiu efectuat în regiunea carpatică din Slovacia (Bednarczyk et al, 1996) a arătat că debitul solid al

râurilor variază între 0.22 și 9.2 % în bazine acoperite cu vegetație forestieră între 40 și 100%. Pe baza acestor studii, în prezenta metodologie s-a considerat că suprafețele despădurite generează de 6 ori mai multe sedimente decât cele împădurite. Pentru celelalte tipuri de utilizare a terenurilor, s-au utilizat valori ale cantității de sol pierdute prin eroziune estimate din cercetarea efectuată de Bednarczyk et al, 1996.

Costul solului erodat a fost estimat pe baza studiului lui Krieger, 2001, actualizat la nivelul anului 2019 (8.34 RON / t de sedimente).

Tabel 28. Controlul eroziunii

Tip ecosistem	Cantitate sol pierdut / erodat (t / ha / an)	Costul solului erodat pe tonă de sedimente	Costul solului erodat pe ha	% de cost salvat	Cost salvat / ha	Suprafață (ha)	Valoare totală
Teren neacoperit de vegetație naturală / arabil	10	8.34	83.4	0.00	0.00		
Pădure	0.2	8.34	1.67	0.98	1.32		
Suprafețe defrișate	1.5	8.34	12.51	0.85	12.44		
Pajiști	0.0	8.34	0.58	0.99	1.81		

Turism și recreere

Pentru acest indicator, s-au utilizat date privind valoarea încasărilor din turism în funcție de infrastructura de cazare existentă, respectiv valoarea încasărilor din turism pentru efectuarea unor tururi ghidate în aria protejată.

Tabel 29. Încasări din turism

	Număr de locuri de cazare	Coefficient de utilizare (%)	Preț per loc de cazare	Valoare
Capacitatea de cazare totală, din care:				
Hotel				

Pensiuni				
TOTAL				

În lipsa unor date certe privind valoarea pe care turiștii ar fi dispuși să o plătească pentru un tur ghidat în arii natural protejate, s-au utilizat informațiile din proiectul **Ecosystem services and the local economy in Maramures Mountains Natural Park, Romania, 2007**, elaborat de Marta Ceroni, actualizate la nivelul anului 2019.

Tabel 30. Încasări din tururi ghidate

Aria de proveniență a turiștilor	Willingness to pay în Ron / zi pentru tur ghidat cu focus pe viața sălbatică	Willingness to pay în Ron / zi pentru tur ghidat cu focus pe natură	Willingness to pay în Ron / zi pentru tur ghidat cu focus pe peisaje tradiționale	Willingness to pay în Ron / zi pentru tur ghidat cu focus pe turism cultural / istoric
Europa de Vest	86.05	73.75	87.85	88.95
Europa de Est	37.7	35.39	33.03	37.74
a Români	91.65	71.44	63.37	67.99
Grad de interes (%)	77.4	77.2	67.8	78.8
Cost mediu	71.8	60.19	61.15	64.89

Numărul de turiști potențiali care ar efectua astfel de tururi a fost estimate în funcție de numărul total al înnoptărilor în zona ariei natural protejate.

Pescuit

Valoarea economică a acestui indicator s-a calculat pe baza formulei:

Nr de licențe de pescuit x valoare pe zi conform metodei willingness to pay x număr de zile de weekend în perioada mai - septembrie.

Apă

Cuantificarea acestui indicator s-a calculat pe baza formulei:

Cantitatea de apă preluată din aria protejată pentru consum casnic x prețul pe metru cub de apă (s-a luat în calcul un preț mediu de 4.63 lei / metru cub).

Fân

Fânul este o resursă importantă pentru comunitățile din România.

Acest indicator a fost calculat pe baza valorii totale a fânului necesar pentru hrănirea animalelor. Valorile de referință privind necesarul de fân au fost preluate din proiectul **Ecosystem services and the local economy in Maramures Mountains Natural Park, Romania, 2007**, elaborat de Marta Ceroni.

Tabel 31. Fân

Categorie de animale	Număr de animale	Cantitatea de fân consumată /an (t)	Valoarea fânului (Ron) 400 de RON media la nivelul anului 2019
Vaci			
Oi			
Capre			
Cai			
TOTAL			

Lemn

Tabel 32. Lemn

	Răși noase	F ag	St ejar	A lte esențe tari	A lte esențe moi	T otal volum (mii de metri cubi)	Val oare (pret mediu metru cub de lemn in 2019 180 de lei)
Uz comercial							
St at public							
St at privat							
Pr ivat							
T otal comercial							
Uz casnic							
T otal casnic							
TOTAL GENERAL							

Produse forestiere ne-lemnoase

Tabel 33. Produse forestiere nelemnoase

Specii	Cantitate colectată	Preț mediu (Ron/kg/buc la brazi)	Valoare totală
Fructe de pădure			
Vaccinium myrtillus		30	
Rubus idaeus		30	
Ciuperci		25	
Plante medicinale		2	
Plante ornamentale		0	
Brazi de Crăciun		30	
TOTAL			

Vânătoare

Tabel 34. Vânătoare

Specie			Preț în RON per individ		Valoare totală
	Existență	Vâna	Mască	Femeală	
<i>Ursus arctos</i>					
<i>Canis lupus</i>					
<i>Lutra lutra</i>					
<i>Lynx lynx</i>					
<i>Sus scrofa</i>					
<i>Capreolus capreolus</i>					
TOTAL					

Cuantificarea pierderilor ce pot fi aduse serviciilor ecosistemice se poate calcula pe baza indicatorilor și formulelor de calcul de mai sus, de exemplu pierderea unui ha dintr-un anumit tip de habitat poate fi cuantificat în reducerea capacității de stocare de carbon

sau a unui ha de pădure în valoarea care ar trebui investită pentru a asigura controlul eroziunii solului în lipsa vegetației forestiere etc.

V.3.3. Aspecte teoretice privind impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor și serviciilor ecosistemice

Serviciile ecosistemice sunt descrise ca fiind beneficiile mediului înconjurător aduse societății umane, acestea clasificându-se în servicii de reglare, suport, provizie și culturale (MEA 2005). Serviciile ecosistemice sunt, în prezent, supuse unei presiuni continue a schimbărilor climatice (în special serviciile de provizie și reglare) (IPCC 2014).

Un studiu realizat de Weiskopf et al. 2020 care vizează efectele schimbărilor climatice asupra biodiversității, ecosistemelor, serviciilor ecosistemice și resurselor naturale în Statele Unite ale Americii, scoate în evidență faptul că impactul schimbărilor climatice asupra speciilor, populațiilor și ecosistemelor afectează valabilitatea, oferta și distribuția serviciilor ecosistemice.

În ceea ce privesc serviciile de provizie, s-a constatat că schimbările în regimul precipitațiilor și a temperaturii contribuie la alterarea rezervelor de apă necesară populației, activităților agricole și industriei energetice, iar creșterea numărului de incendii de pădure va duce la creșterea gradului de depozitare a sedimentelor în apele de suprafață. De asemenea, schimbările în structura naturală a ecosistemelor marine afectează valabilitatea, distribuția și calitatea speciilor importante pentru comercializare.

Impactul potențial al acestor schimbări ale resurselor de apă va fi, cel mai probabil, creșterea costurilor necesare tratamentului apelor și creșterea prețurilor bunurilor provenite din agricultură.

Schimbările climatice au un impact considerabil asupra serviciilor de reglare, în special asupra stocării de carbon și a distribuției și extinderii bolilor. Capacitatea vegetației și respectiv a zonelor umede din arealele de coastă de stocare a carbonului va scădea din cauza creșterii temperaturilor și a schimbărilor în regimul natural al apelor (inclusiv creșterea nivelului mărilor). Totodată, schimbările climatice afectează distribuția, abundența și habitatele specifice a unor organisme purtătoare de diferite boli, rezultatul acestui lucru fiind migrarea acestora în alte areale, de exemplu, *Aedes sp.* (specii de țânțari) responsabili de transmiterea de boli precum dengue, și-au extins distribuția geografică până în sudul SUA.

Serviciile de suport facilitează funcționarea eficientă a ecosistemelor, prin asigurarea, de exemplu, a ciclului nutrienților, și menținerea diversității genetice. Odată cu creșterea temperaturilor, descompunerea materiei organice din sol crește, totodată crescând pierderile de carbon din sol și implicit alterarea echilibrului C:N (crește nivelul de azot). Rezultatul îmbogățirii cu azot are un impact deosebit asupra ecosistemelor întrucât accelerează procesul de eutrofizare a apelor, proces care, la rândul lui, duce la extinderea algelor dăunătoare ecosistemelor. Estimările sugerează faptul că până la sfârșitul secolului, specia *Alexandrium catenella* va înflori cu două luni mai devreme și va persista cu o lună mai mult, acest lucru având un impact considerabil asupra acvaculturii.

Cu toate că cuantificarea impactului schimbărilor climatice asupra serviciilor culturale este dificilă, s-a constatat faptul că prin pierderea oportunităților recreative, comunitatea va experimenta un declin a sănătății fizice și psihice și, totodată, pierderea turismului bazat pe componenta naturală.

În perioada 2009-2011, în Finlanda, s-a desfășurat un proiect care avea în vedere studiul vulnerabilității serviciilor ecosistemice la schimbările climatice și a metodelor de adaptare a diferitelor sectoare ale populației la aceste schimbări în scopul dezvoltării strategiei cu privire la schimbările climatice (Forsius et al. 2013). Luând în considerare diverse scenarii, cum sunt Modele de Circulație Generală (GCMS) și scenariile IPCC, ale schimbării climatice, s-a studiat impactul asupra unor servicii ecosistemice cheie (de exemplu servicii recreaționale, serviciile ecosistemice ale pădurilor, zonelor urbane și zonelor de coastă).

În urma analizei scenariilor, rezultatele studiului au fost împărțite în funcție de serviciile ecosistemice și a sectoarelor studiate. Astfel, în ceea ce privesc serviciile ecosistemice corelate cu suprafețele de pădure, s-a constatat faptul că odată cu creșterea temperaturilor va crește gradul de descompunere a materiei organice în sol și implicit cantitatea de azot care poate fi acumulată de vegetație. Rezultatul acestei îmbogățiri va fi creșterea speciei *Pinus sylvestris* din Finlanda cu 16%, până la 40% (depinde de scenariul folosit) și implicit dublarea materiei prime (și a sumelor) obținute din acesta, însă astfel de schimbări se prevăd doar după anul 2060.

Se estimează ca, din cauza schimbărilor climatice asupra sistemelor hidrografice, vor apărea modificări asupra debitelor râurilor, a temperaturilor apei și a perioadei de îngheț a acesteia, aspecte care vor avea un impact negativ asupra abundenței speciilor de pești care nu sunt adaptate temperaturilor ridicate, de exemplu *Perca fluviatilis* și *Salmo trutta*.

În privința serviciilor recreaționale valabile în Finlanda, schimbările climatice descriu modificări contradictorii și, oarecum, compensatorii, de exemplu, scăderea numărului de zile cu temperaturi scăzute extreme în timpul iernii poate spori utilizarea activităților turistice de iarnă, lucru care compensează parțial diminuarea sezonului de iarnă (datorită creșterii temperaturilor).

În urma analizei turbidității apelor din zonele de coastă din sudul și vestul țării, s-a constatat faptul că, datorită eutrofizării crescute și creșterii frecvenței inundațiilor și a precipitațiilor intense, vizibilitatea a scăzut de la 7 m la 3,5 m. Totodată, din cauza creșterii temperaturilor se așteaptă scăderea abundenței speciilor vulnerabile, cum sunt *Calidris alpina schinzii* și *Puccinellia phryganodes*.

Într-un studiu privind impactul schimbărilor climatice asupra serviciilor ecosistemice din Europa, Marx et al. 2019, împarte serviciile în trei categorii: de aprovizionare, reglare și culturale. Analizând literatura de specialitate, Marx et al. 2019, scoate în evidență faptul că impactul schimbărilor climatice asupra componentei pedologice afectează toate celelalte componente. Schimbările climatice influențează tiparul precipitațiilor și magnitudinea acestora, și implicit umiditatea solului. Acest aspect, la rândul său, influențează producția de culturi agricole, serviciile de reglare, stocarea de dioxid de carbon și serviciile culturale (de tip recreațional). Pe de altă parte, s-a constatat faptul că, în anul 2003 în Europa, din cauza temperaturilor ridicate și a secetelor, productivitatea recoltele a fost cu 30% mai scăzută față de anii 1998-2000, lucru care a dus la creșterea cantității de dioxid de carbon din atmosferă. De asemenea, s-a studiat cazul Germaniei, care în anul 2003 a suferit implicări și pierderi majore din cauza unei secete grave. Din cauza creșterii numărului de luni secetoase în partea de sud-vest a Germaniei vor apărea modificări ale serviciilor ecosistemice (stocarea dioxidului de carbon, aprovizionarea cu materie primă de lemn etc.)

Civantos et al. 2012 propune o evaluare a potențialului impact a schimbărilor climatice asupra vertebratelor din Europa și implicit asupra serviciilor ecosistemice pe care oferă. Pentru a simplifica studiul, Civantos et al. 2012 s-a rezumat la un singur serviciu

ecosistemic oferit de vertebrate, și anume, controlul biologic al vertebratelor asupra dăunătorilor ecosistemelor agricole (controlul nevertebratelor și a rozătoarelor). Un procent de aproximativ 99% din dăunătorii care au impact negativ asupra culturilor agricole sunt combătuți prin surse naturale (prin inamicii naturali ai dăunătorilor, de exemplu specii de arahnide și alte insecte). S-au luat în considerare specii de mamifere, păsări, amfibieni și reptile, care au fost împărțite în două grupe în funcție dăunătorii pe care îi combat (nevertebrate sau rozătoare).

Principalul obiectiv al studiului este evaluarea distribuției speciilor de vertebrate și variația abundenței acestora în urma modificărilor produse de schimbările climatice (în diferite scenarii). În urma analizelor diferitelor modele ale schimbărilor climatice, s-a constatat o creștere a numărului de specii în Europa centrală și de nord și o scădere în sudul Europei, în special în zona mediteraneană (aceasta fiind cea mai vulnerabilă), scădere care va provoca creșterea dăunătorilor și diminuarea controlului acestora. Aceste pierderi sunt asociate cu creșterea temperaturilor și a perioadelor de secetă care provoacă condiții nefavorabile ale habitatelor specifice ale speciilor.

Un studiu asupra consecințelor schimbărilor climatice asupra ecosistemelor și a serviciilor ecosistemice în Anzii Tropicale (Anderson et al. 2011), scoate în evidență problemele cu care acest areal se va confrunta în viitorul apropiat. Un impact considerabil asupra serviciilor ecosistemice ale sistemelor hidrografice este reprezentat de creșterea temperaturilor; retragerea ghețarilor și pierderea zonelor umede și a celor de tip paramo (habitate specifice munților Anzi) duce la alterarea și schimbarea fluxului curgerii apelor, aspect care induce efecte negative asupra rezervelor de apă și industriei energetice. De exemplu, în cazul râurilor alimentate de ghețari, odată cu topirea ghețarilor, se așteaptă ca nivelul apei să crească inițial, dar ulterior să atingă cea mai mică cotă în urma dispariției ghețarilor.

Totodată, schimbări ale regimurilor de temperatură și precipitații și creșterea concentrației de dioxid de carbon în atmosferă va afecta producția agricolă în arealele munților Anzi. Consecințele acestor schimbări se vor materializa prin intensificarea practicii agricole asupra terenurilor agricole existente și extinderea terenurilor agricole atât la altitudini mai mari, cât și la altitudini mai mici, înspre pădurile tropicale. Având în vedere faptul că schimbările climatice afectează diverse specii de polenizatori (păsări, insecte, lilieci) se așteaptă ca impactul să fie propagat și asupra culturilor agricole care depind de polenizatori.

În ceea ce privește stocarea dioxidului de carbon de către vegetație, se așteaptă ca ecosistemele de pădure, zonele umede și zonele de tip paramo să stocheze din ce în ce mai puțin CO₂ (în scenariul de creștere a temperaturii).

Nelson și colaboratorii analizează, într-un studiu publicat în 2013 impactul schimbărilor climatice asupra unor servicii ecosistemice cheie și implicațiile asupra bunăstării societății americane (Nelson et al. 2013).

Se constată că serviciile ecosistemice de aprovizionare (în special cele corelate cu agricultura) vor avea impacturi semnificative, ducând la creșterea considerabilă a bunurilor provenite din agricultură datorită unui număr de trei factori. În primul rând, creșterea temperaturilor vor reduce randamentul culturilor agricole, în al doilea rând în încercarea de a crește randamentul (prin sisteme de irigații, de exemplu) societatea se va izbi de lipsa infrastructurii agricole, iar în al treilea rând, pe fondul tuturor schimbărilor este posibil ca anumite culturi agricole să nu mai poată fi cultivate deloc, aspect care, inevitabil va induce creșterea exagerată a prețurilor de achiziționare a produselor internaționale. Se propune, pentru soluționarea acestor probleme, stocarea apei pluviale în scopul irigațiilor terenurilor în lunile cu temperaturi ridicate.

Sub aceeași pelerină a serviciilor de aprovizionare, schimbarea regimului temperaturilor afectează considerabil industria comerțului (pescuit), întrucât majoritatea speciilor de pești cu valoare economică preferă apele cu temperaturi mai scăzute, iar pe fondul încălzirii mărilor, aceștia tind să migreze înspre poli. Se așteaptă ca migrarea să continue cu o rată de 45-49 km pe an în scenariul unei încălziri moderate a temperaturilor, însă speciile care nu pot migra cu ușurință se vor sfârși prin a fi extinse.

În ceea ce privesc resursele de apă se așteaptă o creștere a variabilității a acestora, atât din punct de vedere spațial, cât și temporal. Totodată, rata de evapo-transpirație se va schimba, aspect care va duce la exacerbara deficitului de apă și calitatea acesteia în majoritatea țării. În arealul vestic al SUA, în special în sud-vest și California, se așteaptă o scădere considerabilă a resurselor de apă în aproape toate scenariile de creștere a temperaturilor.

Schimbările climatice vor afecta, de asemenea și serviciile culturale, în special cele recreative. Se estimează ca turismul bazat pe recreația la malul mărilor (plaje) să scadă drastic întrucât plajele se vor îngusta din cauza creșterii nivelului mărilor și a eroziunii. Privind lucrurile dintr-o altă perspectivă, schimbările climatice ar putea avea un efect pozitiv asupra turismului, de exemplu, intensificarea turismului montan (creșterea temperaturilor la altitudini mari).

Pășunile sunt cele mai des întâlnite ecosisteme de pe Terra fiind, totodată, și furnizori importanți de servicii ecosistemice, cum sunt menținerea biodiversității și stocarea de dioxid de carbon (Boone et al. 2018). Boone și colaboratorii au dezvoltat și-au propus, în prezentul studiu, să analizeze potențialul impact al schimbărilor climatice asupra ecosistemelor de pășuni existente la nivelul globului, printr-o serie de simulări pe baza unui model.

Pentru dezvoltarea modelului de calcul a schimbărilor s-au folosit date complexe și diverse, incluzând suprafețele de sol (incluzând proprietățile solului, de exemplu ciclul nutriențelor), suprafețele de plante ierboase, arbuști și păduri de conifere și foioase (incluzând toate subtipurile de ecosisteme asociate din toate zonele globului), valorile precipitațiilor medii anuale și valorile minime și maxime a temperaturilor în intervalul 1901 - 2006. Pentru analiza datelor s-au folosit șapte tipuri de modele de circulație atmosferică, utilizând două valori ale RCP (traectoria concentrației reprezentative a gazelor cu efect de seră). Pentru a estima viitoarele modificări în urma impactului schimbărilor climatice, analizele s-au bazat pe două tipuri de răspuns, răspunsul plantelor a căror productivități nu se va schimba în urma creșterii concentrației CO₂ și răspunsul plantelor a căror productivități se va schimba.

S-a constatat faptul că impactul asupra producției nete primară (NPP), producției de erbacee nete primară (HNPP) și suprafeței covorului vegetativ va fi unul divers, depinzând de zonare. Există un declin evident al HNPP și NPP pe aproape toată suprafața Africii și al NPP și covorului vegetativ în Australia. Productivitatea vegetației tinde să crească în arealele nordice ale globului datorită creșterii concentrației de CO₂. Valorile TOC (total carbon organic) din sol tind să crească în Australia (9%), Orientul Mijlociu (14%) și Asia centrală (16%) și să scadă în zonele de savană africană cu până la 18%. La nivel global, totalul de carbon organic în zonele de pășune, se preconizează a crește cu aproximativ 1.1% (1,23 Gt).

Suprafețele terenurilor degradate provenite din foste pășuni tind să crească cu aproximativ 2.4% la nivel global, în special în estul Australiei, sudul platoului Tibetan și sudul Africii.

În ceea ce privește capacitatea potențială de stocare a dioxidului de carbon, aceasta va crește în sudul SUA, în arealul Munților Anzi, sudul Kazahstanului și unele areale din Australia și va scădea în Africa.

Rezultatele studiului indică faptul că serviciile ecosistemice asociate cu pășunile (NPP, HNPP, stocarea CO₂) vor suferi un declin până la mijlocul secolului în Africa, estul Australiei și unele zone ale SUA. Având în vedere relația între NPP, HNPP și creșterea animalelor domestice, reiese faptul că Africa va suferi un impact considerabil odată cu scăderea acestor parametri (scăderea producției, productivității și a profitului).

Folosind un model dinamic bazat pe simulare bazat pe investigarea regiunilor montane forestiere din Europa, Mina et al. 2017 au realizat un studiu de impact al schimbărilor climatice asupra patru servicii ecosistemice - producția de materie primă de lemn, stocarea CO₂, biodiversitate și protecția împotriva hazardelor naturale. Au fost investigate 4 regiuni montane, și anume Peninsula Iberică (Spania), estul și vestul Munților Alpi (Franța și Austria) și Munții Dinarici (Slovenia), luându-se în considerare un număr de cinci scenarii ale schimbărilor climatice. De asemenea, pentru a avea o imagine cât mai detaliată a potențialelor modificări, s-au luat în considerare 3 scenarii de management ale acestor servicii, și anume: scenariul fără intervenție de management (NM), scenariul managementului obișnuit (cel din prezent, BAU) și scenariul unui management alternativ (AM).

În ceea ce privește Peninsula Iberică, s-a constatat, pe baza simulărilor, faptul că managementul forestier are un impact mult mai semnificativ asupra scăderii biodiversității și a stocării de CO₂ decât schimbările climatice. Cu toate că unele studii sugerează un impact negativ al schimbărilor climatice asupra pădurilor de *Pinus sylvestris*, scenariile sugerează faptul că acest lucru nu se va întâmpla (nu vor fi afectate de secetă, atâta timp cât precipitațiile din lunile de primăvară vor rămâne constante). Pe de altă parte, s-a constatat Alpii vestici se vor confrunta cu modificări ale biodiversității din cauza intensificării secetelor sub aspectul încălzirii climatului (în special specia *Picea abies*). În lipsa oricărei forme de management (NM), s-a constatat că în Alpii estici serviciile ecosistemice, cu excepția producției de lemn, nu vor suferi în urma schimbărilor climatice. Munții Dinarici vor suferi un impact considerabil al schimbărilor climatice în relație cu serviciile ecosistemice; la altitudini scăzute vor scădea drastic populațiile speciilor *Abies alba* și *Picea abies*.

Palomo, în anul 2017, a publicat un articol cu privire la implicațiile schimbărilor climatice asupra serviciilor ecosistemice oferite de zonele muntoase (Palomo 2017), susținând, în urma analizei literaturii de specialitate, faptul că zonele cu munți înalți sunt, cu siguranță, regiunile cele mai afectate de schimbările climatice.

În ceea ce privește impactul aprovizionării cu hrană, s-a constatat faptul că scăderea covorului de zăpadă și schimbările în tiparul precipitațiilor vor afecta agricultura în zonele rurale aflate la altitudini mari în India și Nepal, iar în unele zone din Tibet vor apărea scăderi a densității speciilor de plante (care vor duce la impact negativ asupra crescătorilor de oi). Pe de altă parte, creșterile temperaturilor ar putea avea și un impact pozitiv asupra aprovizionării cu hrană prin cultivarea unor noi culturi agricole care până în prezent au fost imposibil de cultivat în zonele muntoase înalte. Resursele de apă suferi, la rândul său modificări considerabile prin prisma schimbărilor climatice; se observă scăderea debitelor de apă în regiunea Khumbu din Nepal, secarea apelor de adâncime în unele zone din Oman și secarea acviferelor în unele areale a munților Australiei (din cauza verilor secetoase și călduroase).

Totodată, schimbările climatice au un impact considerabil și asupra serviciilor ecosistemice culturale, de exemplu, recreația. Efectele cele mai considerabile se revarsă

asupra turismului montan, întrucât mai mult de 50 de destinații turistice corelate cu vizitarea ghețarilor sunt afectate de schimbările climatice; de exemplu, în 2007, în Peru ghețarul Pastoruri a fost scos de pe lista destinațiilor turistice din cauza topirii sale rapide, reducând, astfel, numărul de vizitatori de la 100000/an la 34000/an. Un studiu asupra Munților Stâncoși Canadieni prezice faptul că până în anul 2050 turismul va crește cu aproximativ 36% datorită creșterii temperaturilor, însă privind mai departe în viitor, până în 2080 turismul va scădea considerabil din cauza topirii ghețarilor, modificărilor ecosistemelor și incendiilor de vegetație.

Zarrineh și colaboratorii propun, în anul 2020 un studiu de evaluare integrată a impactului schimbărilor climatice asupra serviciilor ecosistemice din sud-vestul Elveției (Zarrineh et al. 2020). Pe baza unui model statistic, s-au realizat predicții cu privire la serviciile de reglare, aprovizionare, culturale și de suport.

În ceea ce privesc resursele de apă se așteaptă ca curgerea apei și implicit volumul acesteia să scadă, în special în lunile de vară, această schimbare petrecându-se din cauza scăderii precipitațiilor și creșterea evapo-transpirației. De asemenea, se așteaptă ca debitul de vârf să scadă în lunile de vară și să crească în lunile de iarnă. Scăderea volumului de apă va avea implicații majore în agricultură, întrucât irigarea culturilor agricole va deveni din ce în ce mai dificilă. Scenariile prezentului studiu prezic faptul că creșterea concentrației de CO₂ atmosferic ar putea avea un impact pozitiv asupra agriculturii, prin creșterea producției de culturi agricole. Totodată, se așteaptă ca productivitatea pajiștilor să crească odată cu creșterea sezonului cald.

Se preconizează ca procesul de degradare a solului să se accelereze în lunile de primăvară, din cauza intensificării precipitațiilor și să se diminueze în lunile de vară, din cauza scăderii precipitațiilor.

Ecosisteme acvatice

Apă dulce

Este probabil ca schimbările climatice să aibă o serie de efecte asupra resurselor de apă. Proiecțiile bazate pe diferite scenarii de emisii și pe modelele de circulație generală (MCG) arată că debitul anual crește în bazinul Atlantic și în nordul Europei (Werritty, 2002; Andréasson et al., 2004) și scade în Europa centrală, mediteraneană și de est (Chang et al., 2002; Etchevers et al., 2002; Menzel and Bürger, 2002).

Majoritatea studiilor de impact hidrologic se bazează mai degrabă pe modele climatice globale decât regionale. Se preconizează că debitul mediu anual va crește în nordul Europei (la nord de 47° N) cu 9 până la 22% până în anii 2070, pentru scenariile SRES A2 și B2 și pentru scenariile climatice din două modele climatice diferite (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). În sudul Europei (la sud de 47° N), debitele vor scădea cu 6 până la 36% până în anii 2070 (pentru același set de ipoteze). Capacitatea de regenerare a apelor subterane va fi probabil redusă în Europa Centrală și de Est (Eitzinger et al., 2003), cu o reducere mai mare în zonele depresionare (Krüger, Ulbrich and Speth, 2001) și în zonele joase (Somlyódy, 2000).

Studiile arată o creștere a debitelor de iarnă și o scădere a debitelor de vară pe principalele râuri europene (Middelkoop and Kwadijk, 2001; Oltchev et al., 2002). Este probabil ca retragerea ghețarilor să sporească inițial debitul de vară în râurile asociate; cu toate acestea, pe măsură ce ghețarii se micșorează, este probabil ca debitul de vară să fie redus semnificativ (Hock, Jansson and Braun, 2005), cu până la 50% (Zierl and Bugmann, 2005).

Debitul de vară poate scădea cu până la 50% în Europa Centrală (Eckhardt and Ulbrich, 2003) și cu până la 80% în unele râuri din sudul Europei (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Modificările circuitului apei expun continentul unui risc crescut de inundații și secetă simultan. Proiecțiile conform scenariului IPCC IS92a (similar cu SRES A1B; (IPCC and J.T. Houghton, 1992)) și a două MCG (Lehner *et al.*, 2006) indică faptul că riscul la inundații crește în Europa de nord, centrală și de est, în timp ce riscul de secetă crește în principal în Europa de sud. Creșterea precipitațiilor intense și de scurtă durată în cea mai mare parte a Europei este probabil să conducă la creșterea riscului de inundații bruște (Environmental, 2004a). Cu toate acestea, în Marea Mediterană, tendințele istorice care susțin acest lucru nu sunt extinse (Ludwig *et al.*, 2004; Barrera, Llasat and Barriendos, 2006).

Creșterea riscului de inundații ca urmare a schimbărilor climatice ar putea fi amplificată de creșterea suprafeței impermeabile din cauza urbanizării (De Roo *et al.*, 2003) și modificată de schimbările în acoperirea vegetală (Robinson and Frid, 2003) în bazinele hidrografice mici. Efectele utilizării terenurilor asupra inundațiilor în bazinele hidrografice mari sunt încă în dezbateri. Apariția mai frecventă a inundațiilor mari crește riscul pentru zonele protejate în prezent de diguri. Creșterea volumului inundațiilor și a debitelor maxime ar face mai dificilă stocarea debitelor mari de către rezervoare și prevenirea inundațiilor.

Pentru Europa de Sud și de Est, creșterea riscului datorat schimbărilor climatice ar fi amplificată de o creștere a devierii de apă din circuitul natural (Lehner *et al.*, 2006). Regiunile cele mai predispuse la o creștere a riscului de secetă sunt cele mediteraneene și unele părți din Europa Centrală și de Est, unde se preconizează cea mai mare creștere a cererii de apă pentru irigații (Döll, 2002)do. Cerințele de irigare vor deveni probabil substanțiale în țări în care în prezent cererea este aproape inexistentă (Holden and Brereton, 2003). Este probabil ca, atât din cauza schimbărilor climatice, cât și a creșterii necesarului de apă, suprafața bazinelor hidrografice să fie afectate de un stres hidric sever (necesar/disponibilitate >0,40), fapt ce va duce la o concurență tot mai mare pentru resursele de apă disponibile (Alcamo *et al.*, 2003; Schröter *et al.*, 2005). În cadrul scenariului IS92a, procentajul suprafeței bazinelor hidrografice aflate în categoria de stres hidric sever crește de la 19% în prezent la 34-36% până în anii 2070 (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Ipoteza general acceptată este aceea conform căreia o temperatură ridicată va crește productivitatea zonelor umede (Dorrepaal *et al.*, 2004) și va intensifica descompunerea, ceea ce va accelera emisiile de carbon și azot în atmosferă (Weltzin *et al.*, 2003; ‘5th International field symposium “West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present” and the International conference “Carbon Balance of Western Siberian Mires in the Context of Climate Change”’, 2018).

Temperaturile mai ridicate pot duce la o topire mai rapidă a gheții și la sezoane de vegetație mai lungi. O consecință a acestor schimbări ar putea fi un risc mai mare de dezvoltare a algelor și o creștere a concentrațiilor de cianobacterii din lacuri (Moss *et al.*, 2003; Straile *et al.*, 2003; Briers, Gee and Geoghegan, 2004; Eisenreich, 2005). Regimul crescut de precipitații și reducerea numărului de zile de îngheț pot accentua pierderile de nutrienți din regiunile cultivate (Eisenreich, 2005). Acești factori pot duce la creșterea încărcăturii de nutrienți (Bouraoui *et al.*, 2004; Kaste, Rankinen and Lepistö, 2004; Eisenreich, 2005) și a concentrațiilor de materie organică dizolvată în apele interioare (Evans and Monteith, 2001; ACIA (Arctic Climate Impact Assessment), 2004; Worrall, Burt and Adamson, 2006). Concentrațiile crescute de nutrienți pot intensifica eutrofizarea

lacurilor și a zonelor umede (Jeppesen, Søndergaard and Jensen, 2003). Cursurile de apă din bazinele hidrografice cu soluri impermeabile pot avea un debit mai crescut în timpul iernii și depuneri de materie organică în timpul verii, ceea ce ar putea reduce diversitatea nevertebratelor (Pedersen, Friberg and Larsen, 2004).

Este probabil ca apele interioare din sudul Europei să aibă un debit redus și o salinizare crescută (Williams, 2001; Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Multe ecosisteme asociate pot dispărea, iar cele permanente se pot reduce. Deși o climă în general mai uscată poate reduce încărcătura externă de nutrienți în apele interioare, concentrația de nutrienți poate crește din cauza volumului mai mic al apelor interioare. De asemenea, o frecvență crescută a precipitațiilor abundente ar putea accentua procesul de levigare de nutrienți și acumularea în unele zone umede (Sánchez-Carrillo and Álvarez-Cobelas, 2001; Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Încălzirea va afecta, de asemenea, proprietățile fizice ale apelor interioare (Eisenreich, 2005; Livingstone, Lotter and Kettle, 2005). Termocline lacurilor stratificate va coborî în timpul verii, în timp ce temperatura în adâncime și durata stratificării vor crește, ceea ce va duce la un risc mai mare de epuizare a oxigenului sub nivelul termoclinei (Catalan *et al.*, 2002; Straile *et al.*, 2003; Blenckner, 2005). Temperaturile mai ridicate vor reduce, de asemenea, nivelurile de saturație a oxigenului dizolvat și vor crește riscul de epuizare a oxigenului (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007).

Costiere și marine

Variabilitatea climatică asociată cu Oscilația Nord - Atlantică (NAO) determină multe procese fizice de coastă din Europa (Hurrell *et al.*, 2003, 2004), inclusiv variațiile sezoniere ale climei de coastă, viteza vântului în timpul iernii și modelele de furtună și inundații de coastă în nord-vestul Europei (Lozano *et al.*, 2004; Stone and Orford, 2004; Yan, Tsimplis and Woolf, 2004).

Majoritatea scenariilor climatice bazate pe SRES arată o continuare a fazei pozitive recente a NAO în primele decenii ale secolului XXI, cu impact semnificativ asupra zonelor de coastă (Cubasch, U., G.A. Meehl, G.J. Boer, R.J. Stouffer, M. Dix, A. Noda and Yap, 2001; Hurrell *et al.*, 2003).

Valurile și furtunile provocate de vânt sunt considerate drept principalii factori determinanți ai proceselor costiere pe termen scurt pe multe coaste europene (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Simulările climatice care utilizează scenariile IS92a și A2 și B2 SRES (Meier, Broman and Kjellström, 2004; Räisänen *et al.*, 2004) consolidează tendințele existente în ceea ce privește furtunile. Acestea indică o creștere suplimentară a vitezei vântului și a intensității furtunilor în Atlanticul de nord-est cel puțin în prima parte a secolului XXI (2010-2030), cu o deplasare a centrelor de furtună mai aproape de coastele europene (Knippertz, Ulbrich and Speth, 2000; Leckebusch and Ulbrich, 2004; Lozano *et al.*, 2004). Aceste experimente arată, de asemenea, o scădere a intensității furtunilor și a vântului spre est în Marea Mediterană (Busuioc, 2001; Tomozeiu, Stefan and Busuioc, 2005), dar cu o creștere localizată a furtunilor în unele părți ale Mării Adriatice, Mării Egee și Mării Negre (Guedes Soares *et al.*, 2002).

În plus, simulările privind mișcările oscilatorii ale maselor de apă arată înălțimi mai mari ale valurilor semnificative de >0,4 m în Atlanticul de nord-est până în anii 2080 (Woolf, Challenor and Cotton, 2002; Tsimplis *et al.*, 2005). Cotele mai mari ale valurilor și ale

furtunilor extreme vor fi deosebit de importante deoarece vor provoca eroziune și inundații în estuare, delte și golfuri (Flather and Williams, 2000; Lionello, Nizzero and Elvini, 2003; Meier, Broman and Kjellström, 2004; Tsimplis *et al.*, 2004; Liang *et al.*, 2018). Proiecțiile modelelor SRES ale IPCC indică o creștere medie globală a nivelului mării de 0,09 până la 0,88 m până în 2100, cu rate de creștere a nivelului mării de aproximativ 2 până la 4 ori mai mari decât cele din prezent (Environmental, 2004b; Meehl, G.A., T. F. Stocker, W. Collins, P. Friedlingstein, A. Gaye, J. Gregory, Kitoh, R. Knutti, J. Murphy, A. Noda, S. Raper, I. Watterson and Zhao, 2007)e. În Europa, influențele regionale pot duce la o creștere a nivelului mării cu până la 50% mai mare decât aceste estimări globale (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Impactul NAO asupra nivelului mării în timpul iernii oferă o incertitudine suplimentară de 0,1 până la 0,2 m față de aceste estimări (Hulme, M., G. Jenkins, X. Lu, J.R. Turnpenny, T.D. Mitchell, R.G. Jones and J.M. Murphy, D. Hassell, P. Boorman, 2002; Tsimplis *et al.*, 2004). În plus, topirea susținută a gheții din Groenlanda și a altor depozite de gheață în condițiile încălzirii climei, împreună cu impactul unei posibile opriri bruște a curenților meridionali ai Atlanticului (MOC) după 2100, oferă o incertitudine suplimentară în ceea ce privește creșterea nivelului mării în Europa (Stone and Orford, 2004; Levermann *et al.*, 2005; Wilby and Harris, 2006; Meehl, G.A., T. F. Stocker, W. Collins, P. Friedlingstein, A. Gaye, J. Gregory, Kitoh, R. Knutti, J. Murphy, A. Noda, S. Raper, I. Watterson and Zhao, 2007).

Creșterea nivelului mării poate avea o mare varietate de efecte asupra zonelor de coastă din Europa, provocând inundații, pierderea de terenuri, salinizarea apelor subterane (Devoy, 2008; Nicholls and De La Vega-Leinert, 2008). În zonele de subsidență a coastelor sau de activitate tectonică ridicată, cum ar fi în regiunile mediteraneene și ale Mării Negre cu marea joasă, creșterea nivelului mării datorată climei ar putea crește semnificativ daunele potențiale cauzate de valurile de furtună și de tsunami (Gregory *et al.*, 2001). Creșterea nivelului mării va provoca, de asemenea, o migrație spre interior a plajelor și a coastelor joase cu sedimente moi din Europa (Stone and Orford, 2004; Yeung and Hall, 2007) tones. În prezent, ratele de retragere a coastelor sunt de până la 0.5 m/an 1.0 pentru părțile de pe coasta atlantică cele mai afectate de furtuni, iar în condițiile creșterii nivelului mării se așteaptă ca aceste rate să crească (Cooper and Pilkey, 2004; Lozano *et al.*, 2004).

Aproximativ 20% din zonele umede de coastă existente ar putea dispărea până la scenariile 2080SRES privind creșterea nivelului mării (Nicholls, 2004; Devoy, 2008). Impactul încălzirii climei asupra ecosistemelor costiere și marine va intensifica, de asemenea, problemele de eutrofizare și de stres asupra acestor sisteme biologice (Environmental, 2004b; SEPA (Swedish Environmental Protection Agency), 2005; SEEG (Scottish Executive Environment Group), 2006).

Ecosisteme terestre

Este foarte probabil ca ecosistemele forestiere din Europa să fie puternic influențate de schimbările climatice (Shaver *et al.*, 2000; Blennow and Sallnäs, 2002; Askeyev *et al.*, 2005; Maracchi, Sirotenko and Bindi, 2005). Se așteaptă ca suprafața forestieră să se extindă către nord (Shiyatov, Terent'ev and Fomin, 2005), dar să se restrângă în sud. Coniferele indigene vor fi probabil înlocuite de foioase în Europa de vest și centrală (Maracchi, Sirotenko and Bindi, 2005; Koca, Smith and Sykes, 2006). Vulnerabilitatea arborilor va crește pe măsură ce plantațiile sunt gestionate astfel încât să crească în afara arealului lor natural (Maestre and Cortina, 2004a; Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). În nordul Europei, schimbările climatice vor modifica fenologia (Badeck *et al.*, 2001) și vor crește substanțial productivitatea primară netă (NPP) și biomasa pădurilor (Jarvis and Linder, 2000; Rustad *et al.*, 2001; Strömghren and Linder, 2002; Zheng *et al.*, 2002; Boisvenue and Running, 2006).

În pădurea boreală, fluxurile de CO sol - atmosferă cresc și vor continua să o facă odată cu continuarea creșterii temperaturii și a concentrației de CO atmosferic (Niinistö, Silvola and Kellomäki, 2004). Schimbările climatice pot determina o realocare a carbonului către coronament (Lexer *et al.*, 2002; Lapenis *et al.*, 2005) și pot astfel duce la pierderi de carbon (White, Cannell and Friend, 2000; Kostianen *et al.*, 2006; Schaphoff *et al.*, 2006). Schimbările climatice pot de asemenea modifica compoziția chimică și densitatea lemnului.

În zonele temperate nordice ale Europei și la altitudini mai mari, este probabil ca NPP să crească pe tot parcursul secolului. Cu toate acestea, până la sfârșitul secolului (2071-2100), în Europa centrală și sudică continentală, este probabil ca NPP al coniferelor să scadă din cauza reducerii disponibilității apei (Lasch *et al.*, 2002; Lexer *et al.*, 2002; Martínez-Vilalta and Piñol, 2002; Körner, Sarris and Christodoulakis, 2005) și a temperaturilor mai ridicate (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). De asemenea, sunt probabile efectele negative ale secetei și asupra pădurilor de foioase (Broadmeadow, Ray and Samuel, 2005).

Este probabil ca riscurile abiotice pentru păduri să crească de asemenea, deși efectele preconizate sunt specifice la nivel regional și vor depinde în mod substanțial de sistemul de gestionare a pădurilor implementat. Nu se preconizează o creștere substanțială a pagubelor produse de vânt (Nilsson *et al.*, 2004; Schumacher and Bugmann, 2006) cu toate că regimul curenților de aer va suferi schimbări semnificative. Încălzirea va împiedica satisfacerea cerințelor de răcire, va reduce rezistența la frig în timpul toamnei și primăverii și va crește probabilitatea de pierdere a acelor (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Se preconizează că daunele provocate de îngheț vor fi reduse iarna, neschimbate primăvara și mai severe toamna din cauza abaterii proceselor fiziologice (Linkosalo *et al.*, 2000), deși acest lucru poate varia în funcție de regiuni și specii (Jönsson *et al.*, 2004). Riscul de deteriorare a arborilor datorat înghețului poate chiar să crească după o eventuală începere a creșterii în timpul perioadelor blânde din timpul iernii și începutul primăverii (Hänninen, 2006). Riscul de incendii, durata sezonului specific acestora, precum și frecvența și gravitatea incendiilor sunt foarte probabil să crească în zona mediteraneană (Pausas, 2004; Pereira *et al.*, 2005; Moriondo *et al.*, 2006) lucru ce va conduce la o mai mare dominație a arbuștilor asupra arborilor (Mouillot, Rambal and Joffre, 2002). Deși mai redus, pericolul de incendiu va crește, de asemenea, în Europa Centrală, de Est și de Nord (Goldammer, Sukhinin and Csiszar, 2005; Moriondo *et al.*, 2006). Cu toate acestea, acest lucru nu se traduce direct printr-o creștere a numărului de incendii sau prin schimbări în vegetație (Thonicke and Cramer, 2006). În ecotonul pădure-pajiște alpină și subalpină, frecvența crescută a incendiilor și alte efecte ale antropizării este posibil să ducă la o înlocuire pe termen lung (câteva sute de ani) a pădurilor cu vegetație ierboasă specifică podișurilor, cu productivitate scăzută (Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, 2007). Aria de răspândire a insectelor dăunătoare din păduri s-ar putea extinde spre nord (Battisti, 2008).

Arealul de vegetație arbustivă și de tufișuri a crescut în ultimele decenii, în special în sudul Europei (Moreira, Rego and Ferreira, 2001; Mouillot *et al.*, 2003; Alados *et al.*, 2004). Este probabil ca schimbările climatice să afecteze funcțiile ecosistemice cheie ale acestora, cum ar fi stocarea carbonului, ciclul nutrienților și compoziția speciilor (Wessel *et al.*, 2004). Răspunsul la încălzire și la secetă va depinde de condițiile regionale, siturile reci și umede fiind mai sensibile la schimbările de temperatură, iar siturile calde și uscate fiind mai sensibile la schimbările de precipitații (Peñuelas *et al.*, 2004). În nordul Europei, încălzirea va crește activitatea microbiană (Sowerby *et al.*, 2005), cât și productivitatea ecosistemelor de pajiște (Peñuelas *et al.*, 2004), permițând astfel o intensificare a pășunatului (Wessel *et al.*, 2004). De asemenea, este probabilă substituția cu vegetație

ierboasă (Werkman and Callaghan, 2002) și o mai mare levigare a azotului (Emmett *et al.*, 2004; Gorissen *et al.*, 2004; Schmidt *et al.*, 2004). Încălzirea și, în special, seceta crescută, vor duce probabil la reducerea schimbului de nutrienți și a disponibilității nutrienților (Sardans and Peñuelas, 2004, 2005), la modificarea compozițiilor (Lloret, Penuelas and Estiarte, 2004; Quintana *et al.*, 2004), la schimbarea fenologiei (Llorens and Peñuelas, 2005) și la modificarea interacțiunilor dintre specii (Maestre and Cortina, 2004b; Lloret, Peñuelas and Estiarte, 2005). Este probabil ca incendiile de tufișuri să crească datorită tendinței mai mari a acestora de a arde (Vázquez and Moreno, 2001; Mouillot *et al.*, 2005; Nunes *et al.*, 2005; Salvador *et al.*, 2005). În plus, este probabil ca torrențialitatea crescută (Giorgi, Bi and Pal, 2004) să ducă la creșterea riscului de eroziune (De Luis, González-Hidalgo and Raventós, 2003) din cauza regenerării reduse a plantelor după incendii frecvente (Delitti *et al.*, 2005).

Pășunile permanente ocupau 37% din suprafața agricolă a Europei în anul 2000 (FAOSTAT, no date). Se preconizează că suprafețele de pășuni vor scădea până la sfârșitul acestui secol, amploarea variind în funcție de scenariul emisiilor (Rounsevell *et al.*, 2006). Este probabil ca schimbările climatice să modifice structura comunității de pajiști în moduri specifice în funcție de locația și tipul acestora (Buckland *et al.*, 2001; Lüscher *et al.*, 2004; Morecroft *et al.*, 2004). Gestionarea și îmbogățirea cu specii pot crește rezistența la schimbări (Duckworth, Bunce and Malloch, 2000). S-a constatat că pajiștile fertile, cu succesione timpurie, sunt mai receptive la schimbările climatice decât pajiștile mai mature și/sau mai puțin fertile (Grime *et al.*, 2000). În general, pajiștile gestionate intensiv și bogate în nutrienți vor răspunde pozitiv atât la creșterea concentrației de CO₂ cât și la creșterea temperaturii, în condițiile în care aprovizionarea cu apă și nutrienți este suficientă (Lüscher *et al.*, 2004). Pajiștile sărace în azot și bogate în specii pot reacționa la schimbările climatice prin mici modificări ale productivității pe termen scurt (Winkler and Herbst, 2004). În general, se așteaptă ca productivitatea pajiștilor din Europa temperată să crească (Byrne and Jones, 2002). Cu toate acestea, este probabil ca încălzirea în sine să aibă efecte negative asupra productivității și a diversității (Gielen *et al.*, 2005; De Boeck *et al.*, 2006).

Ecosisteme alpine și subalpine

Se așteaptă ca durata stratului de zăpadă să scadă cu câteva săptămâni pentru fiecare °C de creștere a temperaturii în regiunea montană la altitudini medii (Hantel, Ehrendorfer and Haslinger, 2000; Wielke, Haimberger and Hantel, 2004; Martin and Etchevers, 2005). De asemenea, este preconizată o deplasare în sus a liniei de echilibru a ghețarilor de la la la 60m la 140m pentru fiecare °C (Oerlemans, 1992; Vincent, 2002). Ghețarii mici vor dispărea, în timp ce ghețarii mai mari vor suferi o reducere de volum între 30% și 70% până în 2050 (Schneeberger *et al.*, 2003; Paul *et al.*, 2004). Modificările în stratul de zăpadă pot modifica, de asemenea, probabilitatea producerii avalanșelor de zăpadă și gheață, în funcție de interacțiunea complexă dintre geometria suprafeței, precipitații și temperatură (Martin *et al.*, 2001).

Este aproape sigur că flora montană europeană va suferi modificări majore din cauza schimbărilor climatice (Walther, 2003). Modificarea duratei stratului de zăpadă și a duratei sezonului de vegetație ar trebui să aibă efecte mult mai pronunțate decât efectele directe ale schimbărilor de temperatură asupra metabolismului (Grace, Berninger and Nagy, 2002; Körner, 2021). Tendințele generale sunt în direcția creșterii sezonului de vegetație, a unei fenologii mai timpurii și a deplasării distribuției speciilor către altitudini mai mari (Kullman, 2002; Walther, 2003; Egli *et al.*, 2004; Körner, 2021). Schimbări similare de altitudine sunt documentate și în cazul speciilor de animale (Hughes, 2000). Se preconizează că limita

pădurii se va deplasa în sus cu câteva sute de metri (Badeck *et al.*, 2001). Există dovezi că acest proces a început deja în Scandinavia (Kullman, 2002) și în Munții Urali (Shiyatov, Terent'ev and Fomin, 2005), în Carpații Occidentali și în regiunea Mării Mediterane (Penuelas and Boada, 2003; Camarero and Gutiérrez, 2004). Aceste schimbări, împreună cu efectul abandonării pășunilor alpine tradiționale, vor restrânge zona alpină la altitudini mai mari (Antoine Guisan and Theurillat, 2000; Grace, Berninger and Nagy, 2002; Dirnböck, Dullinger and Grabherr, 2003; Dullinger, Dirnböck and Grabherr, 2004), amenințând grav flora nivală (Gottfried *et al.*, 2019). Compoziția și structura comunităților alpine și nivale sunt foarte probabil să se schimbe (A Guisan and Theurillat, 2000; Walther, Beißner and Burga, 2005). Se preconizează pierderi de specii de plante locale de până la 62% pentru munții mediteraneeni până în anii 2080, conform scenariului A1 (Thuiller *et al.*, 2005). În plus, regiunile montane pot suferi o pierdere de endemism din cauza speciilor invazive (Viner, 2006). Efecte extreme similare sunt de așteptat și pentru diversitatea habitatelor și a animalelor, ceea ce face ca ecosistemele montane să fie printre cele mai amenințate din Europa (Schröter *et al.*, 2005).

V.3.4. Aspecte practice privind impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor și serviciilor ecosistemice

ASPECTE GENERALE

1. Utilizarea terenului: proxii în evaluarea serviciilor ecosistemice

Utilizarea terenurilor este în mod evident limitată de factori de mediu, cum ar fi caracteristicile solului, clima și topografia. Dar ea reflectă, de asemenea, importanța terenului ca și resursă finită. Activitățile umane care utilizează și, prin urmare modifică sau mențin atributele de acoperire a terenurilor, sunt considerate a fi sursele proxii ale schimbării. Astfel de acțiuni apar ca o consecință a unei game foarte largi de aspecte sociale, inclusiv cele mai elementare nevoi umane privind hrana, resursele, spațiul de locuit și recreerea. Prin urmare, nu pot fi înțelese independent de forțele motrice care stau la baza lor. Unele dintre acestea, cum ar fi drepturile de proprietate și structurile sociale, influențează accesul la resurse funciare sau controlul asupra acestora. Altele, cum ar fi densitatea populației și nivelul de dezvoltare economică și socială, influențează cerințele care vor fi impuse terenurilor, în timp ce tehnologia influențează intensitatea exploatării. Economia de piață modelează deciziile privind utilizarea terenurilor prin crearea stimulentele ce motivează factorii de decizie (*Relating Land Use & Global Land-Cover Change*, no date; Blaikie and Brookfield, no date; Boserup and Chambers, 1965; Ehrlich and Holdren, 1971; Ehrlich and Ehrlich, 1990; Saunders, Hobbs and Margules, 1991; Schimel, Kittel and Parton, 1991, 2016; Brouwer, Thomas and Chadwick, 1991; Bilsborrow and Bilsborrow, 1992; Pearce *et al.*, 1992; Stern *et al.*, 1999; Turner, 2003; Meyer and Turner, 2003; Verheye, 2007; Jones and O'Neill, 2016).

Interpretarea modului în care acești factori interacționează pentru a genera diferite categorii de utilizare a terenurilor în diferite contexte sociale și de mediu este complexă. De exemplu, degradarea aparentă a terenurilor aride ar putea fi rezultatul fie al pășunatului excesiv, fie o consecință involuntară a intervențiilor privind dezvoltarea, precum forarea de puțuri (fapt ce sporește stresul asupra terenurilor din apropierea acestora), fie ca și o consecință a conexiunilor guvernamentale, capabile să supraexploateze terenurile aparținând statului sau comunităților locale.

2. Contextualizarea utilizării terenurilor, a acoperirii terenurilor și a indicilor de schimbare

Pentru a înțelege schimbările ce au loc asupra categoriilor de folosință a terenurilor ca și element al schimbărilor climatice în particular, și de mediu în general, este necesar să se înțeleagă legăturile dintre sistemele umane (context social) care generează schimbări atât asupra utilizării terenurilor în sine, cât și asupra sistemelor fizice ce sunt afectate de schimbările rezultate în folosința terenurilor.

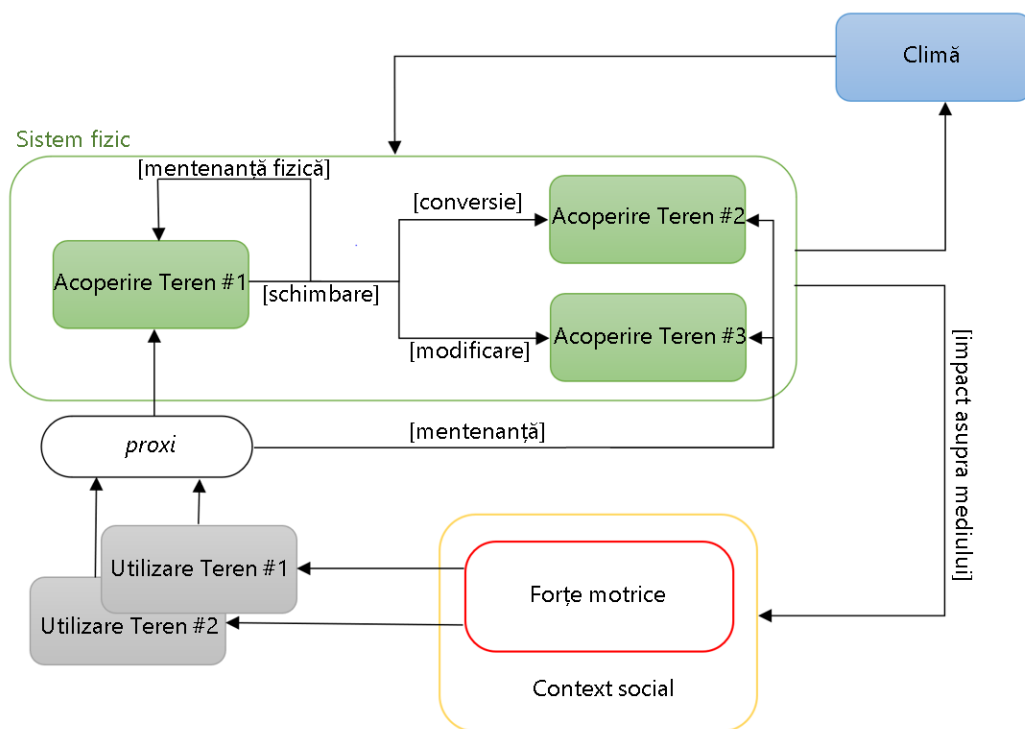


Figura 18. Schema de relaționare a utilizării terenurilor și a modificărilor acestora

În această schemă, acoperirea terenului (sistem fizic) există într-o relație sistemică cu utilizările (utilizarea terenului) acestuia și cauzele din spatele acestor utilizări. Forțele motrice interacționează între ele și conduc la diferite utilizări ale terenurilor în funcție de contextul social în care acestea operează. La momentul t_1 , forțele motrice conduc la acțiuni care accentuează cererea privind utilizare a terenului #1, fapt care necesită manipularea acoperirii terenului prin intermediul tehnologiei precum defrișarea, recoltarea sau amendarea (surse proximale de schimbare - proximi). Această schimbare este direcționată fie către schimbarea acoperirii existente a terenului (de la #1 la #2 sau #3), fie spre menținerea unei anumite categorii de acoperire (#1). În primul caz, categoria de acoperire existentă este schimbată, fiind necesară menținerea acestei noi categorii contra proceselor naturale care ar putea să o modifice (bucla de mentenanță fizică).

Modificările care duc la o nouă clasă de acoperire a terenului sunt de cel puțin două tipuri:

- modificarea precum în cazul acoperirii terenului #3 (de exemplu, fertilizarea terenurilor cultivate sau plantarea de specii alogene în pășuni).

- conversia precum în cazul acoperirii terenului #2 (de exemplu, transformarea pădurilor în terenuri cultivate).

Procesele de întreținere susțin conversia (#2) sau modificarea (#3) acoperirii terenurilor. Prin urmare, sursele proximi pot fi considerate ca fiind cele de conversie, modificare sau întreținere.

Consecințele asupra mediului ca urmare a schimbării acoperirii terenurilor afectează forțele motrice inițiale prin intermediul buclei de feedback privind impactul asupra mediului. De asemenea, este foarte probabil ca aceste modificări ale acoperirii terenului (#2 și #3) să se repete, astfel încât să atingă magnitudini spațiale și temporale care să influențeze schimbările climatice, care la rândul lor, influențează sistemul fizic local, afectând acoperirea terenului și, în cele din urmă, forțele motrice prin intermediul buclei privind impactul asupra mediului. Indiferent de stimuli sau de interacțiunea forțelor motrice în contextul lor social, modificările forțelor motrice la momentul t2 pot declanșa o nouă categorie de utilizare a terenurilor (#2), cu noi consecințe asupra sistemului de utilizare/coperire a terenurilor.

Această perspectivă indică faptul că înțelegerea schimbărilor de mediu trebuie să ia în considerare:

- condițiile și modificările în acoperirea terenurilor generate de schimbările în utilizarea terenurilor.
- ritmul cu care au loc schimbările în procesele de conversie-modificare-întreținere a utilizării terenului.
- forțele antropice și condițiile sociale care influențează tipurile și ritmurile proceselor

Este deci necesară o perspectivă amplă care să aibă în vedere toate aceste aspecte în procesul de evaluare a efectelor schimbărilor climatice ca și forță motrică în dinamica mediului. Implicit trasarea de măsuri ca și factor compensator pe fliera contextului social, nu se poate face decât într-un astfel de context cuprinzător. Cunoscând însă limitările în obținerea și utilizarea într-o manieră spațială a datelor socio-economice, accentul analizei va fi plasat pe elementul sistemului cu importanța cea mai crescută, asupra căruia se pot face predicții de încredere, și anume folosința terenului și derivata acestuia, acoperirea terenului.

3. Conceptul de vegetație potențială în modelarea folosinței/acoperirii terenului

Vegetația potențială este “acoperirea vegetală în echilibru cu clima, care ar exista într-un anumit areal neafectat de activitățile umane” (Hemsing and Bryn, 2012; Levvasseur *et al.*, 2012). Este o stare ipotetică, presupunând condiții fizice naturale, o stare de referință a vegetației care presupune că nu există degradare și/sau perturbări ecologice neobișnuite.

Se poate astfel continua cu o ipoteză ce să susțină echivalarea acoperirii terenului cu starea naturală pentru arealul analizat. Această abordare, sprijinită și de scenarii climatice sub care se va face predicția pentru perioada viitoare (scenarii ce analizează holist schimbările provenite din surse naturale și antropice) reduc gradul de abstractizare al analizei presupus în momentul concentrării stricte pe acoperirea/folosința terenului.

O limitare frecventă a datelor generate pe această cale este rezoluția spațială grosieră (Hengl *et al.*, 2018), care reduce utilitatea în activități de planificare operațională (Marchant *et al.*, 2009; Levvasseur *et al.*, 2012; Tian *et al.*, 2016). În plus, acestea sunt rareori în concordanță una cu cealaltă deoarece nu împărtășesc aceleași criterii de modelare și cartare și, în mod tradițional, pun accentul pe grupări specifice la nivel regional mai degrabă decât pe clasificări funcționale.

Pentru a evita astfel de efecte s-a optat pentru realizarea unor modelări cu specific național. S-a urmărit astfel creșterea acurateții datelor folosind ca și input surse locale și covariabile climatice de actualitate. Scopul final a fost de a produce distribuții potențiale ale vegetației, atât prezente cât și viitoare, detaliate, bazate pe metode obiective și reproductibile.

MATERIALE ȘI METODE

1. Modelarea vegetației potențiale: generalizare a modelelor de distribuție a speciilor

Vegetația naturală potențială este acoperirea vegetală ipotetică care ar fi prezentă dacă vegetația ar fi în echilibru cu elementele de mediu, inclusiv factorii climatici și perturbările.

Atunci când se ia în considerare o astfel de analiză trebuie să se facă distincția între vegetația "naturală" potențială și vegetația "gestionată" potențială, precum și între vegetația naturală "reală" și vegetația "reală" gestionată. Același aspect este valabil și pentru acoperire/folosința terenului, o caracteristică dinamică, care se modifică odată cu schimbarea condițiilor climatice.

Indiferent de tipul de acoperire, conceptul (atât ca o problemă de clasificare, cât și ca o problemă de regresie) este un etalon util în raport cu care se poate măsura cantitativ schimbarea.

În principiu, modelarea vegetației potențiale și derivat, a acoperirii, este un caz particular de modelare a distribuției speciilor (Hijmans *et al.*, 2005; Elith *et al.*, 2006; Hemsing and Bryn, 2012): în centrul acestui proces se află modelarea statistică a relației dintre clase și o listă de predictorii, adică contextul biotic și abiotic. Diferența dintre cartarea distribuției reale și cea potențiale este că cea de a doua presupune extrapolarea modelului la întreg teritoriul analizat, presupunând o distribuție ipotetică într-un set specific de condiții bioclimatice și/sau biofizice originale.

Principalele ipoteze aplicate atunci când se realizează un astfel de model sunt:

- gradientele ecologice surprinse în datele de intrare reflectă doar gradientele ecologice naturale și nu și intervenția antropică, precum construcțiile.
- datele de intrare sunt reprezentative pentru zona de studiu.

Desigur că aceste ipoteze nu pot fi respectate în totalitate la nivelul unui studiu tip proof of concept precum cel de față, însă este recomandat ca viitoare analize și aplicații derivate din prezenta metodologie să fie restrânse de acestea.

În acest studiu, modelele de predicție sunt de tipul "probabilitate". Este de reținut faptul că un model de predicție spațială potențială împarte spațiul geografic între toate clasele de intrare furnizate. Prin urmare, este necesar, ca reprezentarea teritoriului să fie realizată cu reprezentarea completă a acestora, astfel încât modelul să poată fi aplicat pe întregul domeniu spațial de interes. Dacă nu se cunosc toate clasele, atunci spațiul va fi interpolat artificial și acoperit cu clase cunoscute care ocupă nișe ecologice similare, ceea

ce poate duce la distorsiuni de predicție. Cu alte cuvinte, ca și în cazul modelării distribuției speciilor individuale, atât datele de prezență, cât și cele de absență joacă un rol la fel de important pentru calibrarea modelului (Elith *et al.*, 2006).

2. Date de intrare, modele, ssp, GCM

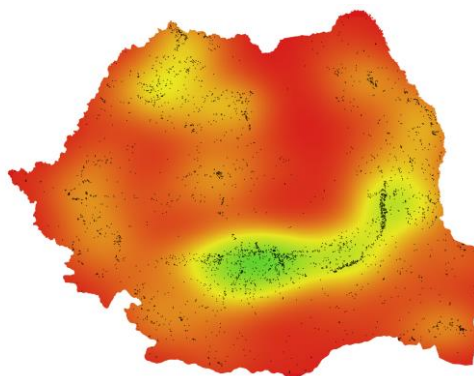
Cunoscând contextul cât și limitările descrise anterior, pentru calibrarea modelelor aplicate, au fost luate în considerare date național specifice actuale, realizate supervizat la o rezoluție spațială ridicată (unitatea maximă de cartare 1km x 1km).

Clasele acoperite au adresat vegetația, eliminând categorii cu exclusiv antropice precum căile de transport și zonele asociate acestora (ex. parcări, zone de siguranță sau protecție) zonele industriale sau regiunile construite.

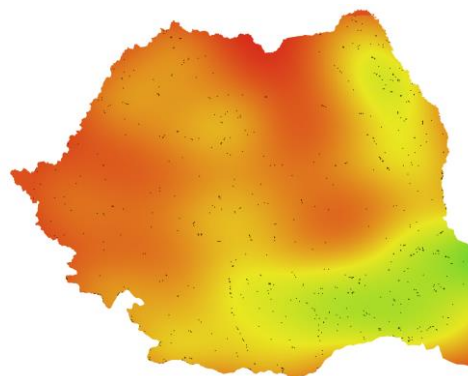
Cu toate acestea, parțial datorită imposibilității de a realiza un eșantionaj relevant privind strict vegetația naturală existentă, și parțial datorită semnificației crescute pe care o au aceste clase în analize ecologice, au fost incluse și câteva categoriile de folosință asociate prezenței umane.

Tabel 35. Clase și număr de eșantioane utilizate

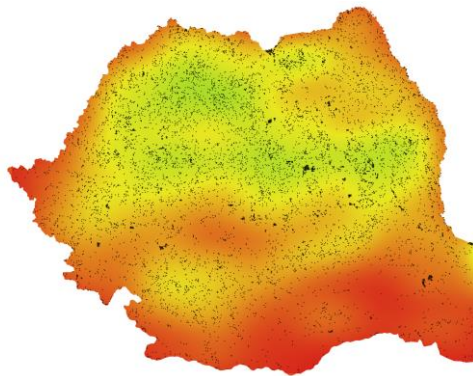
Categorie acoperire teren	Eșantioane
Culturi permanente (vii, livezi, etc.)	3263
Lacuri	864
Vegetație de mlaștină	10682
Ape curgătoare	3704
Vegetație forestieră	64524
Pietrișuri și stâncării	819
Pajiști	32474
Terenuri arabile	89757
Nisipuri și dune	604
Tufărișuri	8999



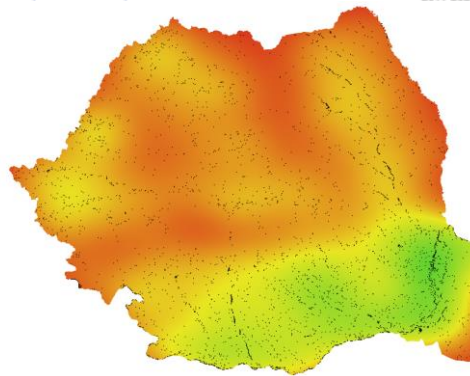
Culturi permanente



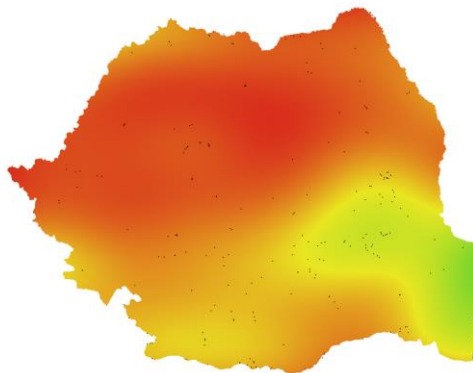
Lacuri



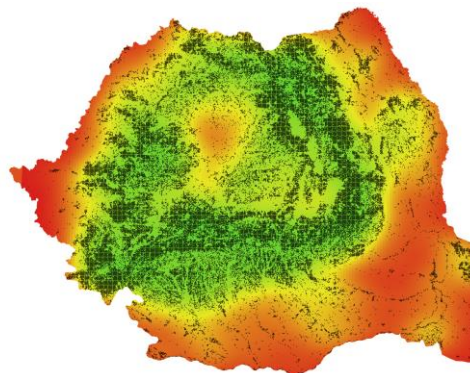
Vegetație de mlaștină



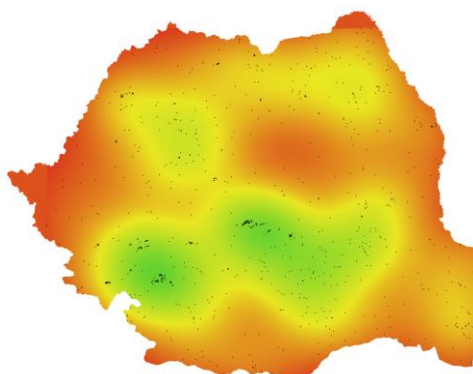
Ape curgătoare



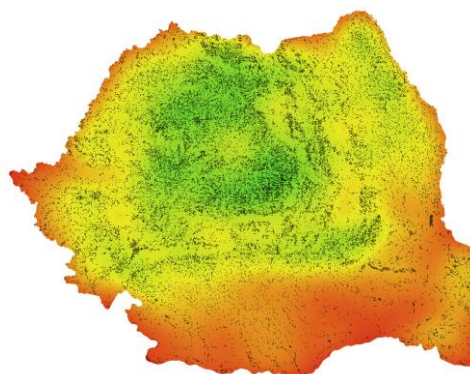
Nisipuri și dune



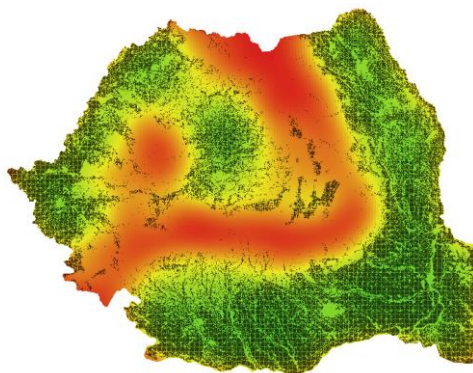
Vegetație forestieră



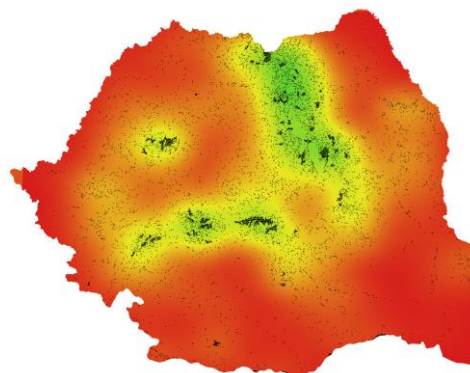
Pietrișuri și stâncării



Pajiști



Terenuri arabile



TF

Figura 19. Densitatea eșantioanelor utilizate în modelare, pentru fiecare clasă analizată

În ceea ce privește variabilele bioclimatice, acestea au fost derivate din valorile lunare ale temperaturii și precipitațiilor pentru a genera variabile mai semnificative din punct de vedere biologic. Acest procedeu este frecvent utilizat în modelarea distribuției speciilor și în tehnici de modelare ecologică conexe. Variabilele bioclimatice reprezintă tendințele anuale (de exemplu, temperatura medie anuală, precipitațiile anuale), sezonabilitatea (de exemplu, variația anuală a temperaturii și a precipitațiilor) și factorii de mediu extremi sau limitativi (de exemplu, temperatura celei mai reci și celei mai calde luni și precipitațiile din trimestrele umede și uscate) (Fick and Hijmans, 2017).

Tabel 36. Variabile bioclimatice și codificarea acestora

Cod variabile	Variabile
BIO1	Temperatura medie anuală
BIO2	Intervalul mediu diurn
BIO3	Izotermalitate
BIO4	sezonalitatea temperaturii
BIO5	Temperatura maximă a celei mai calde luni
BIO6	Temperatura minimă a celei mai reci luni
BIO7	Intervalul anual al temperaturii
BIO8	Temperatura medie a celui mai ploios trimestru
BIO9	Temperatura medie a celui mai uscat trimestru
BIO10	Temperatura medie a celui mai cald trimestru
BIO11	Temperatura medie a celui mai rece trimestru
BIO12	Precipitații anuale
BIO13	Precipitațiile din luna cea mai ploioasă
BIO14	Precipitațiile din luna cea mai secetoasă
BIO15	Caracterul sezonier al precipitațiilor
BIO16	Precipitații celui mai umed trimestru
BIO17	Precipitațiile celui mai secetos trimestrul
BIO18	Precipitațiile celui mai cald trimestru
BIO19	Precipitațiile celui mai rece trimestrul

Acestea au fost derivate pentru perioada curentă, și modelate pentru scenarii viitoare. Datele climatice viitoare, exprimate sub forma aceluiași variabile bioclimatice, au fost realizate conform cu CMIP6 (*ES-DOC - Viewer*, no date; Eyring *et al.*, 2016).

CMIP6 reprezintă o îmbunătățire substanțială față de CMIP5, în ceea ce privește numărul de scenarii viitoare examinate. CMIP este un cadru experimental standardizat pentru studierea rezultatelor modelelor de circulație generală atmosferică și oceanică.

Acest lucru facilitează evaluarea punctelor forte și a punctelor slabe ale modelelor climatice, ceea ce poate îmbunătăți și orienta dezvoltarea viitoarelor modele.

Modelul utilizat a fost MIROC6, cea de-a șasea versiune a modelului pentru cercetări interdisciplinare asupra climei (Tatebe *et al.*, 2019).

Scenariul climatic urmărit este ssp3 pentru intervalul de timp 2081-2100. Într-o astfel de analiză este de preferat utilizarea unui model de circulație generală (GCM) regional sau chiar național. Pentru atingerea scopului studiului de față s-a optat însă pentru un model general utilizat și acceptat, cu reprezentativitate globală, insensibil la tipul de vegetație modelat. În lipsa unui model național sau regional, este recomandată utilizarea mai multor GCM globale și analiza lor într-o manieră holistă. De asemenea, diferențiere între cele cinci clase principale de scenarii socio - climatice și derivatele lor implementări conform cu traiectoriile de emisii gaze cu efect de seră (RCulturi permanente) este un proces ce în mod ideal necesită particularizare. În cazul studiului prezent, s-a optat pentru utilizarea ssp3 pentru a ilustra impactul unei schimbări de intensitate ridicată (Riahi *et al.*, 2017).

- SSP1 Provocări reduse la atenuare și adaptare, descrie tendințele într-o lume ce se îndreaptă treptat, dar în mod uniform, către un management durabil, punând accentul pe o dezvoltare mai incluzivă care respectă limitele percepute ale mediului. Gestionarea bunurilor comune la nivel mondial se îmbunătățește, investițiile în educație și sănătate accelerează tranziția demografică, iar accentul pe creșterea economică se mută către bunăstarea umană.
- SSP2 - Provocări medii pentru atenuare și adaptare, descrie o societate ce urmează o traiectorie în care tendințele sociale, economice și tehnologice nu se schimbă în mod semnificativ față de modelele istorice. Dezvoltarea și creșterea veniturilor se desfășoară în mod inegal, unele țări înregistrând progrese relativ bune, în timp ce altele nu se ridică la nivelul așteptărilor. Instituțiile mondiale și naționale depun eforturi, dar înregistrează progrese lente în ceea ce privește realizarea obiectivelor de dezvoltare durabilă. Sistemele de mediu se degradează, deși există unele îmbunătățiri și, în general, intensitatea utilizării resurselor și a energiei scade. Creșterea demografică globală este moderată și se stabilizează în a doua jumătate a secolului. Inegalitatea veniturilor persistă sau se ameliorează doar lent, iar provocările legate de reducerea vulnerabilității la schimbările societale și de mediu rămân.
- SSP3 - Provocări ridicate în ceea ce privește atenuarea și adaptarea, ilustrează un viitor unde naționalismul este un concept reînviat, preocupările legate de competitivitate și securitate, precum și conflictele regionale împing țările să se concentreze tot mai mult asupra problemelor interne sau, cel mult, regionale. Politicile se schimbă în timp pentru a se orienta din ce în ce mai mult către problemele de securitate națională și regională. Țările se concentrează pe atingerea obiectivelor de securitate energetică și alimentară în cadrul propriilor regiuni, în detrimentul unei dezvoltări pe baze mai largi. Investițiile

În educație și dezvoltare tehnologică scad. Dezvoltarea economică este lentă, consumul este intensiv în ceea ce privește materialele, iar inegalitățile persistă sau se agravează în timp. Creșterea demografică este redusă în țările industrializate și ridicată în țările în curs de dezvoltare. O prioritate internațională redusă în ceea ce privește abordarea problemelor de mediu conduce la o puternică degradare a mediului în unele regiuni.

- SSP4 - Provocări scăzute în ceea ce privește atenuarea, provocări ridicate în ceea ce privește adaptarea, descrie un viitor unde investițiile extrem de inegale în capitalul uman, combinate cu disparitățile tot mai mari în ceea ce privește oportunitățile economice și puterea politică, conduc la creșterea inegalităților și a stratificării atât între țări, cât și în interiorul acestora. În timp, se adâncește decalajul dintre o societate conectată la nivel internațional, care contribuie la sectoarele economiei globale cu utilizare intensivă a cunoștințelor și a capitalului, și o colecție fragmentată de societăți cu venituri mai mici și cu un nivel de educație scăzut, care lucrează într-o economie cu utilizare intensivă a forței de muncă și cu tehnologie redusă. Coeziunea socială se degradează, iar conflictele și tulburările devin din ce în ce mai frecvente. Dezvoltarea tehnologică este ridicată în economia și sectoarele de înaltă tehnologie. Sectorul energetic conectat la nivel global se diversifică, cu investiții atât în combustibili cu emisii ridicate de carbon, precum cărbunele și petrolul neconvențional, dar și în surse de energie cu emisii reduse de carbon. Politicile de mediu se concentrează pe probleme locale în jurul zonelor cu venituri medii și ridicate.
- SSP5 - Provocări ridicate în ceea ce privește atenuarea, provocări scăzute în ceea ce privește adaptarea. Acest viitor are încredere din ce în ce mai mare în piețele competitive, în inovare și în societățile participative pentru a produce un progres tehnologic rapid și dezvoltarea capitalului uman ca fiind calea spre o dezvoltare durabilă. Piețele globale sunt din ce în ce mai integrate. Există, de asemenea, investiții puternice în sănătate, educație și instituții pentru a spori capitalul uman și social. În același timp, impulsivitatea dezvoltării economice și sociale este cuplată cu exploatarea resurselor abundente de combustibili fosili și cu adoptarea unor stiluri de viață cu consum intensiv de resurse și energie în întreaga lume. Toți acești factori conduc la o creștere rapidă a economiei mondiale, în timp ce populația mondială atinge un nivel maxim și scade în secolul XXI. Problemele locale de mediu, cum ar fi poluarea aerului, sunt gestionate cu succes. Există încredere în capacitatea de a gestiona eficient sistemele sociale și ecologice, inclusiv prin geoingenierie, dacă este necesar.

3. Modelarea claselor de acoperire/folosință a terenului

Un model aditiv generalizat (GAM) este un model liniar generalizat în care variabila urmărită depinde liniar de funcții necunoscute ale unor covariabile predictive, iar interesul se concentrează pe inferența cu privire la aceste funcții. GAM-urile au fost dezvoltate inițial pentru a îmbina proprietățile modelelor liniare generalizate cu cele ale modelelor aditive. Modelul pune în relație o variabilă de răspuns univariată, cu anumite variabile predictive. Pentru fiecare univariată se specifică o distribuție din familia exponențială (de exemplu, distribuții normale, binomiale sau Poisson), împreună cu o altă funcție liniară GLM care conectează univariata de variabilele predictor.

În general, GAM are avantajele de interpretare ale modelării liniare, unde contribuția fiecărei variabile independente la predicție este clar codificată. Cu toate acestea, are o flexibilitate mult mai mare, deoarece relațiile dintre variabila independentă și cea dependentă nu sunt presupuse a fi liniare, și nu este necesară cunoașterea a priori a tipului de funcții predictive necesare. Din punct de vedere al estimării, utilizarea funcțiilor neparametrice regularizate evită limitările legate de abordarea termenilor polinomiali de ordin superior în modelele liniare. Din punct de vedere al acurateții, GAM-urile sunt competitive cu tehnicile de machine learning curente.

Există deci cel puțin trei avantaje derivate din utilizarea GAM: interpretabilitate, flexibilitate/automatizare și regularizare. Prin urmare, atunci când modelul conține efecte nonliniare, GAM oferă o soluție regularizată și interpretabilă - în timp ce altor metode le lipsește, în general, cel puțin una dintre aceste trei caracteristici. GAM permite o analiză echilibrată între modelul liniar interpretabil, dar dificil de implementat, și algoritmi de interpretare automatizată extrem de flexibili, dar de tip "cutie neagră". Cu toate acestea, se poate opta pentru înlocuire sau completarea cu modele mai complexe, în momentul în care se umărește analiza mai detaliată a anumitor clase sau relația dintre ele.

S-a optat de asemenea pentru reducerea numărului de variabile bioclimatice în vederea eliminării autocorelației spațiale dintre acestea prin preselecția variabilelor pe baza cunoștințelor de specialitate.

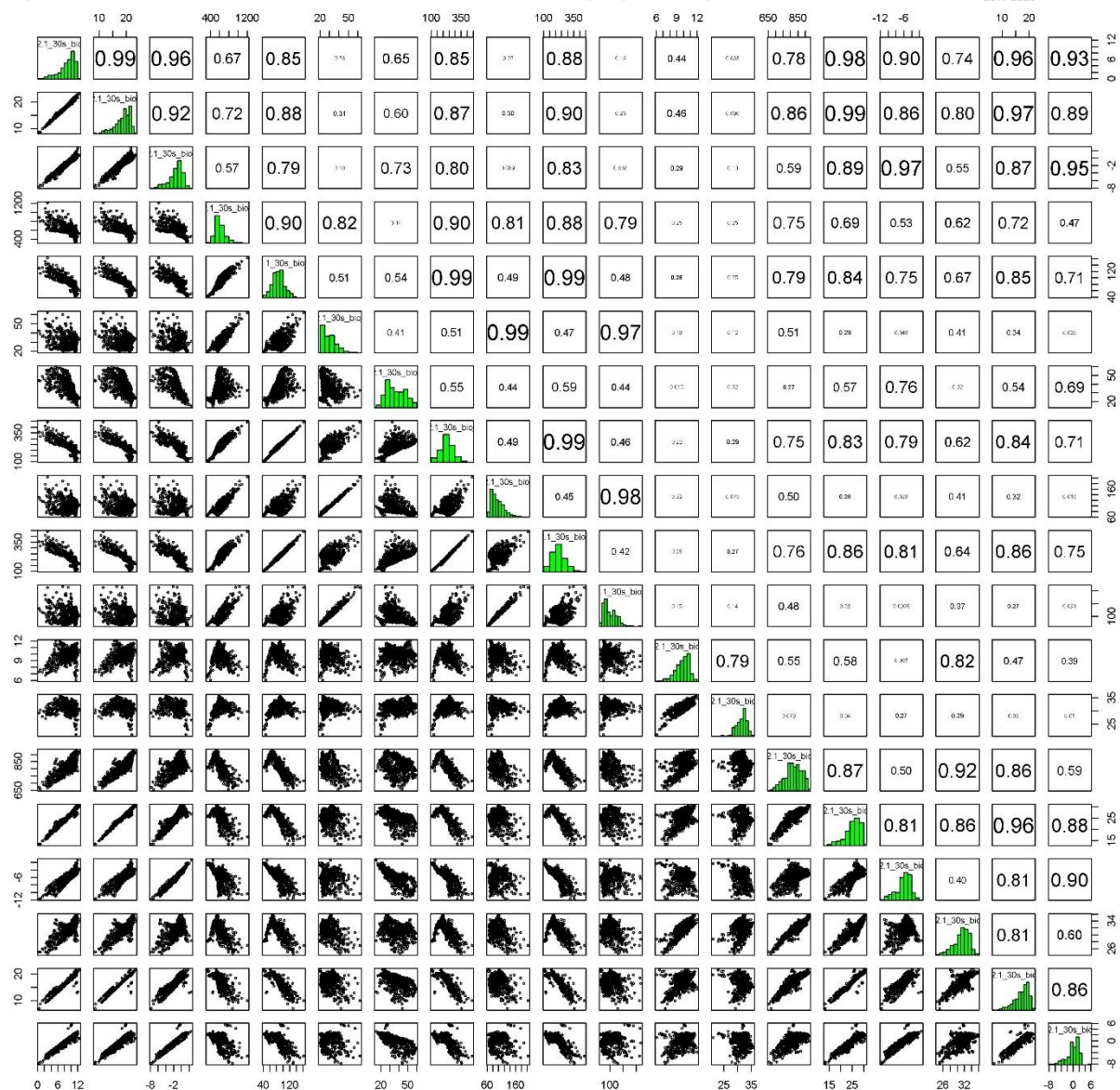
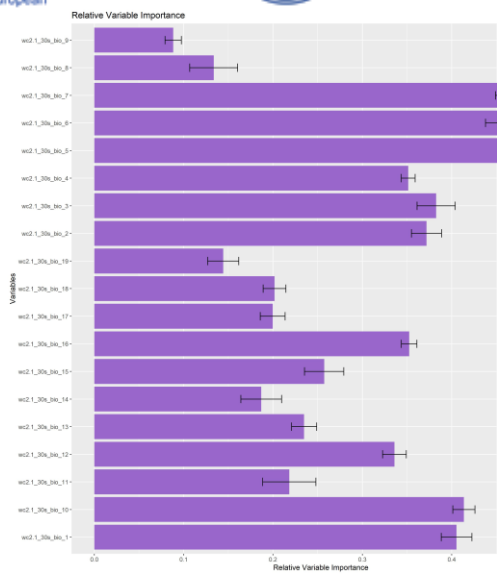
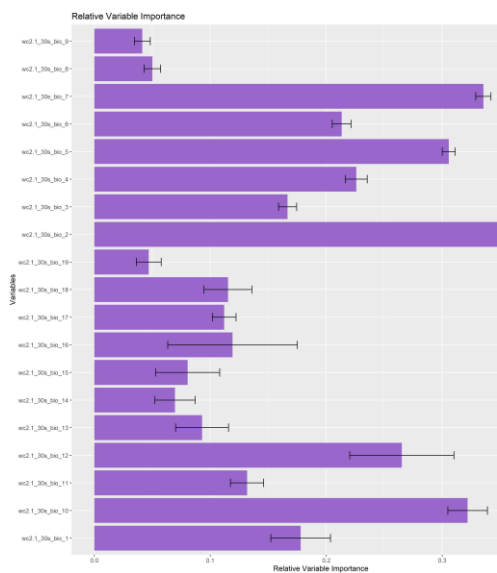


Fig. 3 Matricea corelației variabilelor bioclimatice

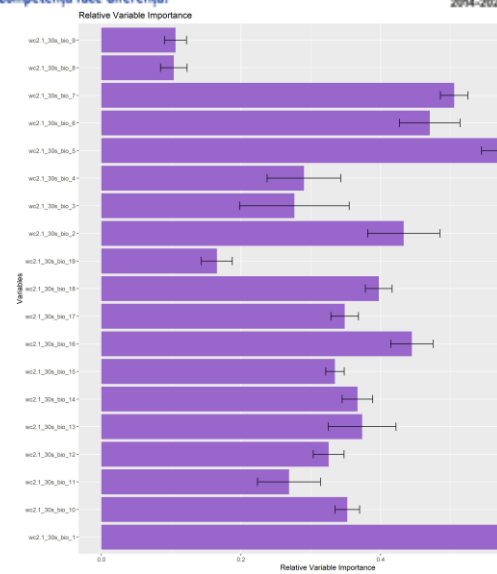
Ulterior s-a calculat importanța relativă a covariabilelor (Naimi and Araújo, 2016).



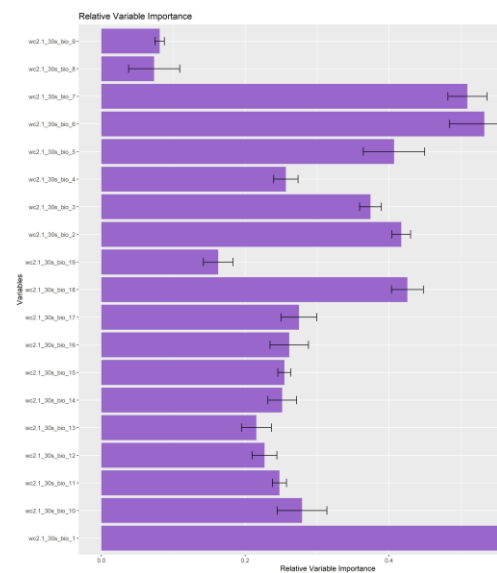
Culturi permanente



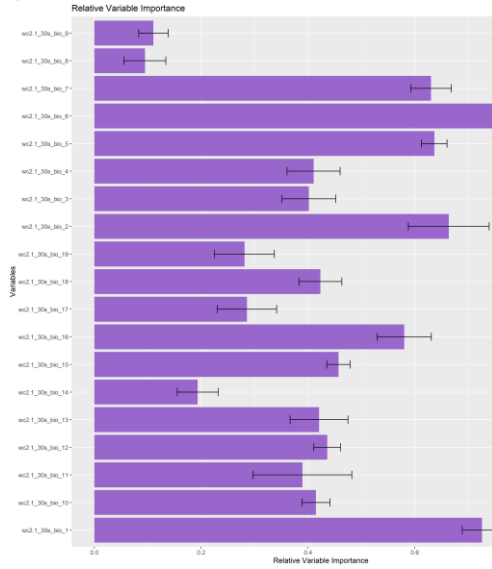
Vegetație de mlaștină



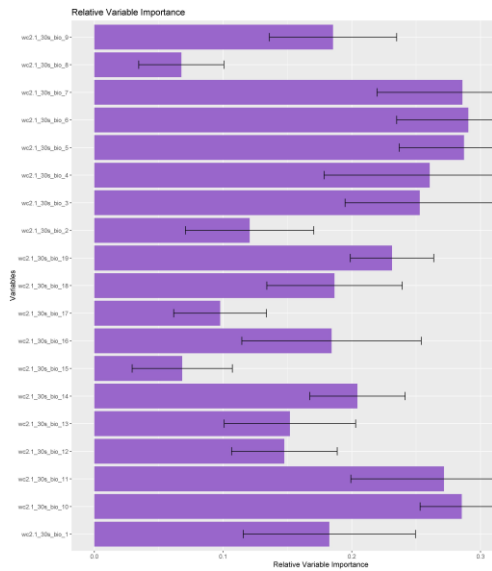
Lacuri



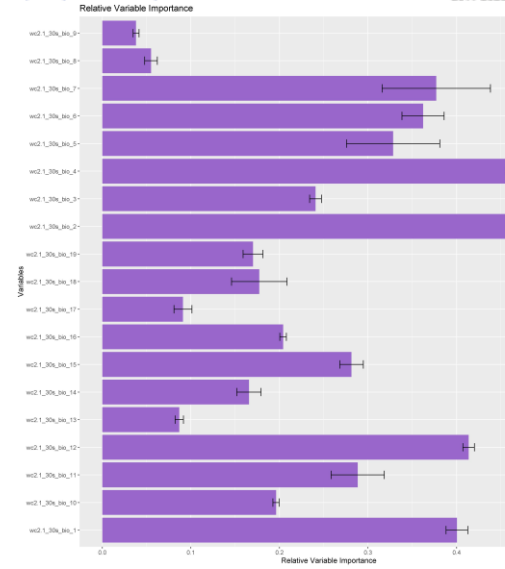
Ape curgătoare



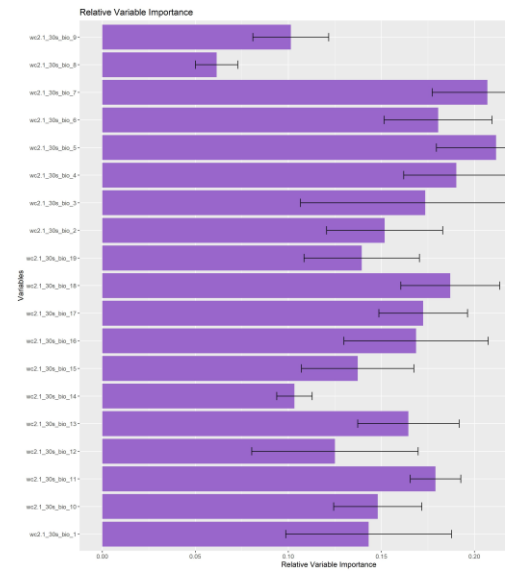
Nisipuri și dune



Pietrișuri și stâncării



Vegetație forestieră



Pajiști

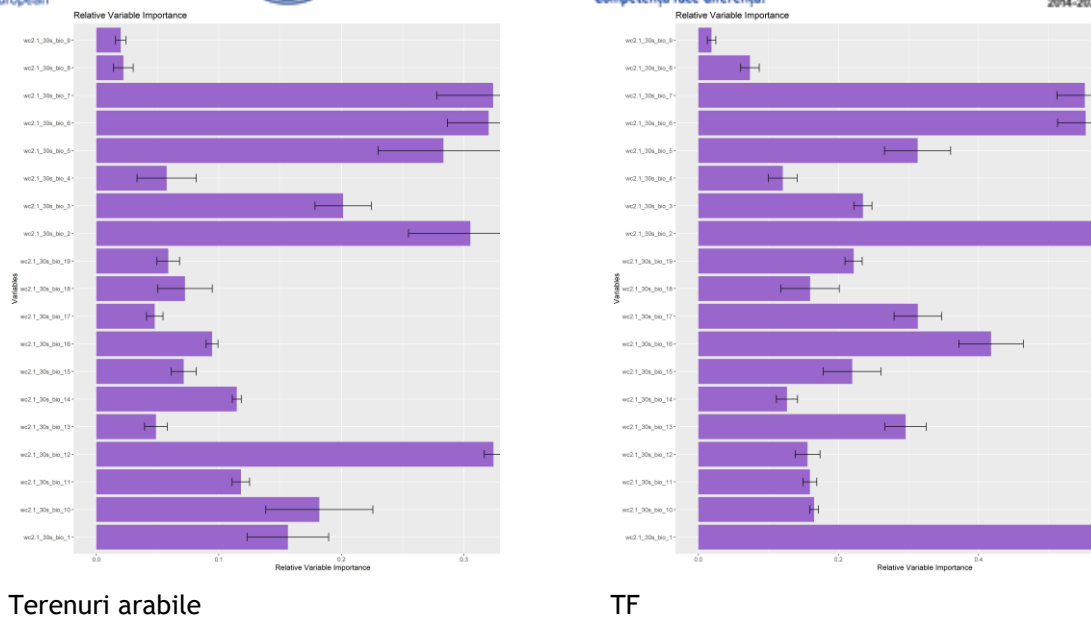


Fig. 4 Importanța variabilelor bioclimatice în modelarea fiecărei clase, conform AUC

Pentru a evita predicțiile eronate ca urmare a densității ridicate de eşantioane per clasă comparativ cu punctele de fundal (pseudo-absențe), s-a apelat la utilizarea unui grid bazat pe un kernel bidimensional de estimare a densității.

Pentru fiecare dintre iterațiile modelului au fost realizate seturi de intrare noi din datele originale, folosind metoda de replicare bootstrap și metoda de subeșantionare subsampling. Din totalul de puncte asociat fiecărei clase, 25 % selectate aleator au fost folosite ca date de testare pentru validarea modelelor, iar restul de 75% au fost folosite pentru antrenarea acestora.

Pentru a beneficia de precizia crescută oferită de repetarea modelării (așa cum este descris mai sus), a fost utilizată procedura de fuziune, sau ensemble. Aceasta a permis evidențierea probabilității de detecție prin consensul tuturor modelele construite pentru fiecare clasă. Suportul matematic pentru această etapă a fost media ponderată în funcție de true skill statistic (Allouche, Tsoar and Kadmon, 2006), folosind valoarea maximă ca și criteriu de optimizare a pragului.

4. Performanța modelării

Performanța algoritmilor de clasificare este evaluată cu ajutorul validării încrucișate cu refitting al modelelor. Pentru a valida performanța modelelor pe baza cărora au fost făcute predicțiile s-au folosit evaluări independente de prag (Franklin and Miller, 2010). Valorile AUC între 0,5 - 0,7 indică performanță scăzută, între 0,7 - 0,9 performanță rezonabilă/moderată, iar valori > 0,9 performanță ridicată (Anderson *et al.*, 2011). De asemenea, probabilităților prezise au fost raportate și folosit valorile medii de sensibilitate, specificitate, TSS, kappa și corelație. În plus, au fost calculate și reprezentate grafic răspunsul diferitelor clase de folosință a terenurilor (probabilitatea de detecție) la diferite valori ale unei variabile predictive în timp ce restul variabilelor au fost menținute constante la valoarea lor medie.

Tabel 37. Indicatori de performanță a modelării

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.754	0.74	0.396	0.37	0.374	0.35	0.974	1.00
Culturi permanente								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.802	0.76	0.376	0.31	0.454	0.41	0.511	0.57
Lacuri								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.654	0.64	0.29	0.28	0.208	0.20	1.288	1.3
Vegetație de mlaștină								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.748	0.73	0.409	0.39	0.359	0.34	1.045	1.08
Ape curgătoare								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.912	0.84	0.553	0.44	0.669	0.57	0.261	0.39
Nisipuri și dune								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.681	0.68	0.283	0.28	0.272	0.27	0.711	0.72
Vegetație forestieră								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	
GAM	0.725	0.70	0.346	0.32	0.327	0.31	0.496	0.52
Pietrișuri și stâncării								

Metode	AUC		COR		TSS		Abatere	

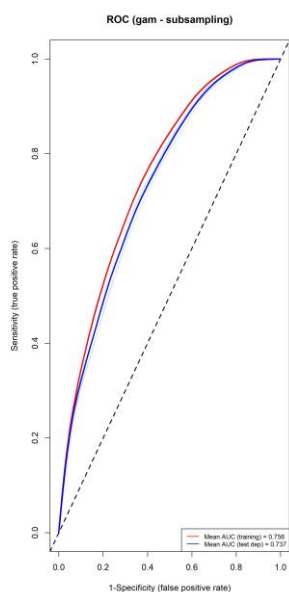
GAM	0.63	0.21	0.19	1.03
	0.641	0.225	0.204	1.023
Pajiști				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.65	0.32	0.24	0.56
	0.657	0.322	0.239	0.555
Terenuri arabile				

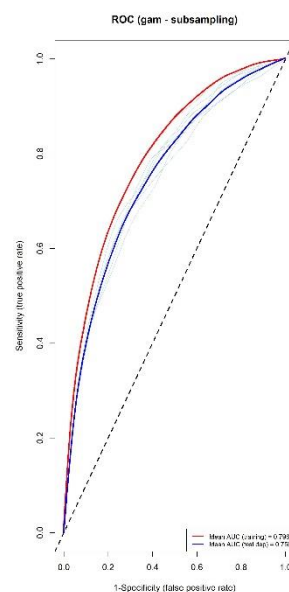
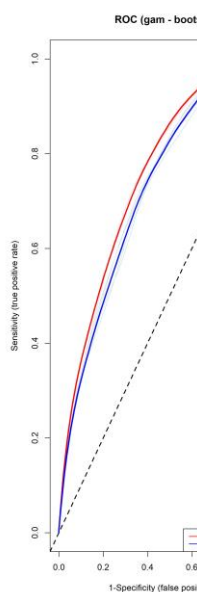
Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.72	0.39	0.33	1.23
	0.728	0.402	0.339	1.211
TF				

negru: model bazat pe relația eșantioanelor de training/testing

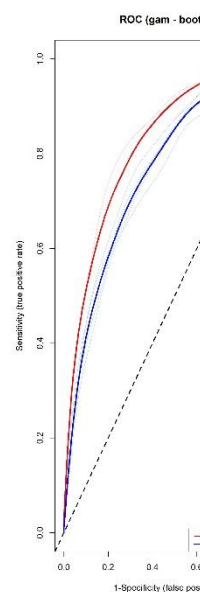
roșu: predicție

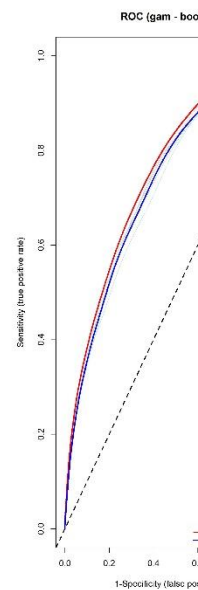
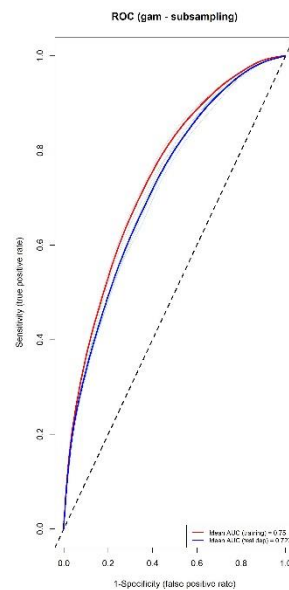
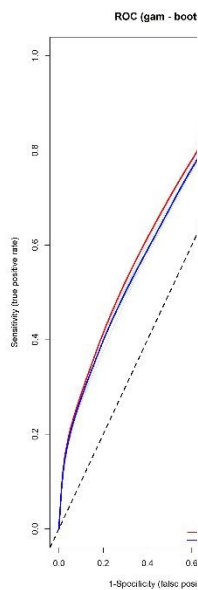
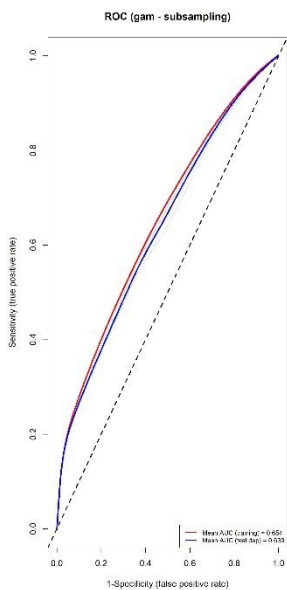


Culturi permanente



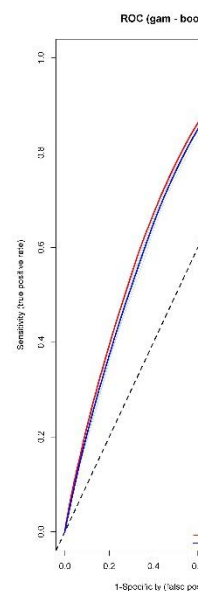
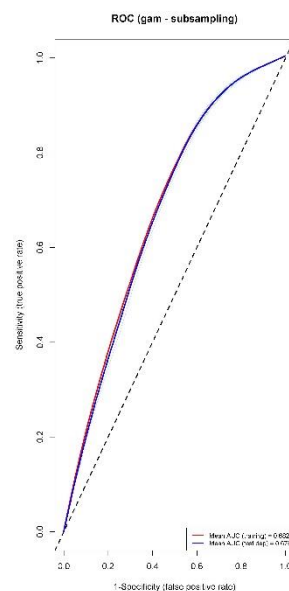
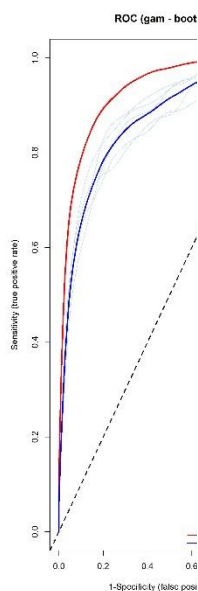
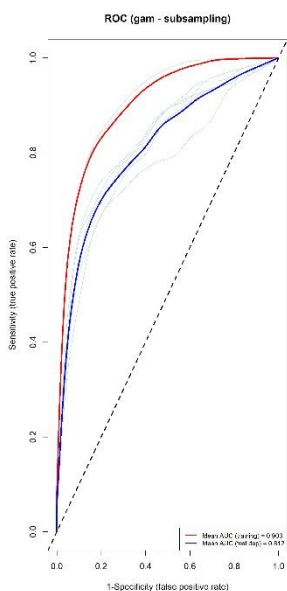
Lacuri





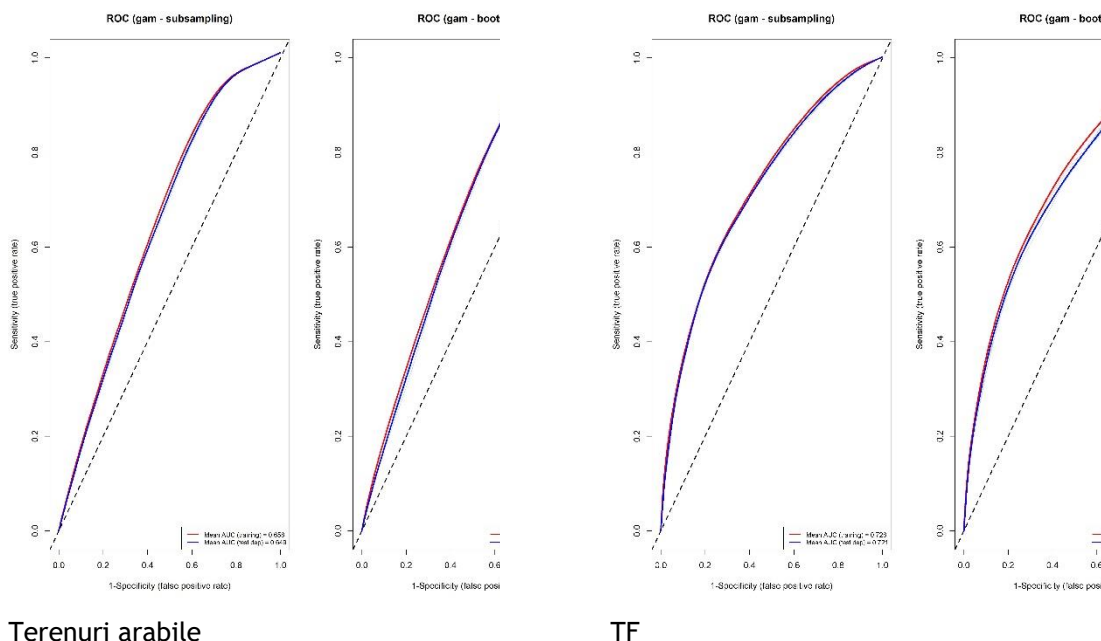
Vegetație de mlaștină

Ape curgătoare



Nisipuri și dune

Vegetație forestieră



Terenuri arabile

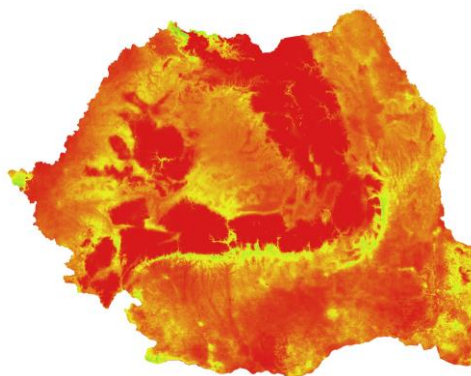
TF

Fig. 5 Rata predicțiilor fals pozitive (specificitate) vs rata predicțiilor pozitive (sensibilitate) pentru GAM

REZULTATE

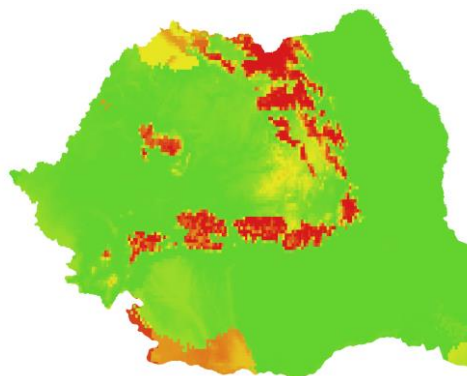
Rezultatele ilustrează un model relativ precis al distribuției vegetației, având în vedere limitările impuse de utilizarea unui singur model, global și a unui singur scenariu climatic, cu variabile la rezoluție spațială medie modelate de asemenea la scară globală și pentru un pas temporal semnificativ. Rezultatele validării încrucișate arată că modelul GAM este suficient de performant pentru o astfel de analiză și insensibil la particularitățile regionale.

1. Hărți naționale ale claselor de folosință a terenului

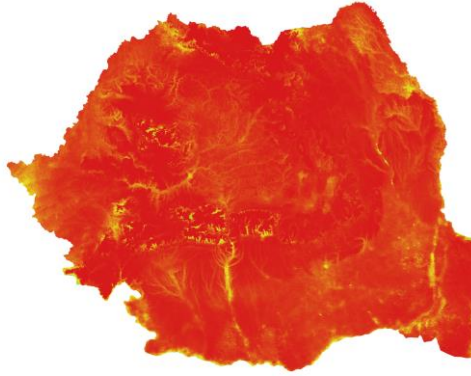


prezent

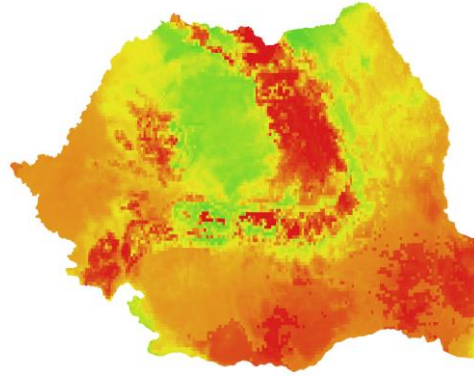
Culturi permanente



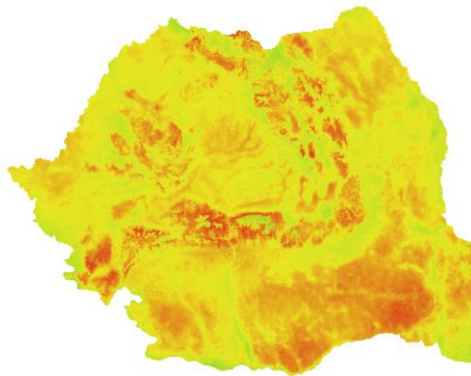
viitor



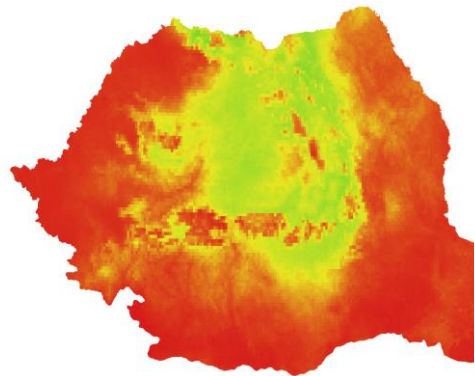
prezent
Lacuri



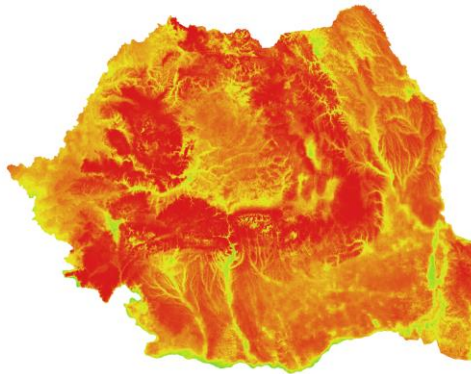
viitor



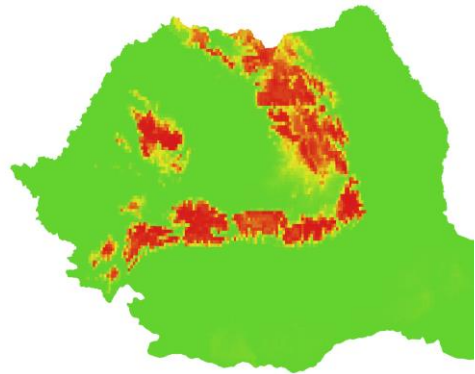
prezent
Vegetație de mlaștină



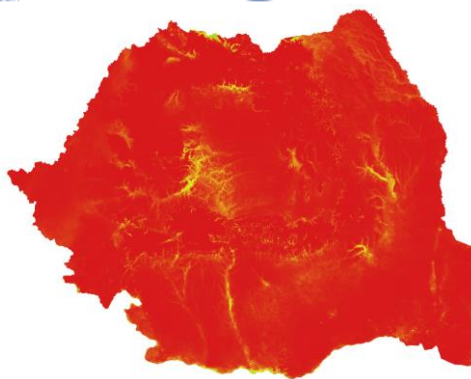
viitor



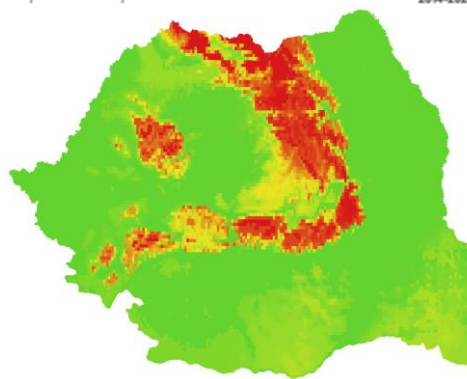
prezent
Ape curgătoare



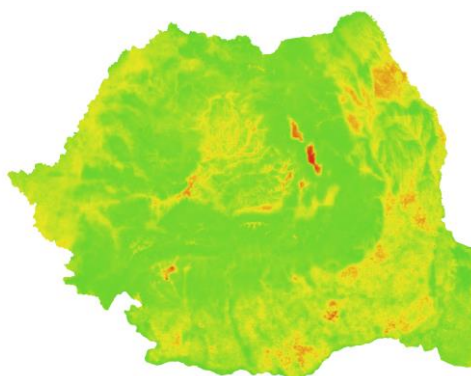
viitor



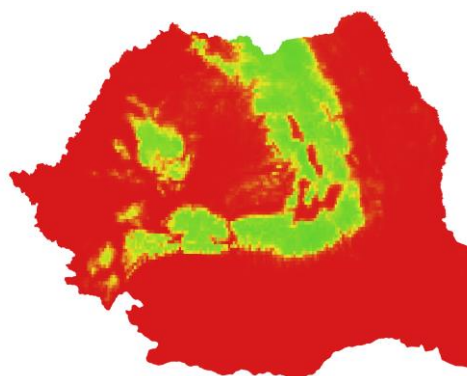
prezent
Nisipuri și dune



viitor



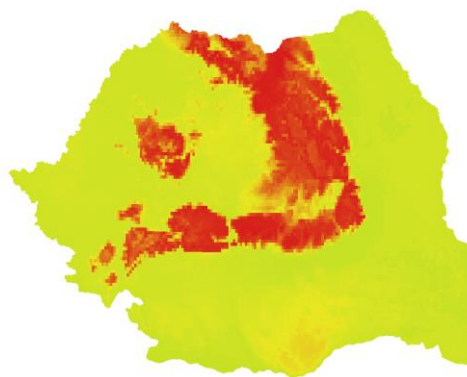
prezent
Vegetație forestieră



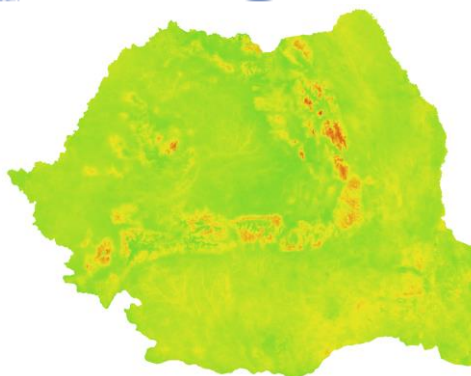
viitor



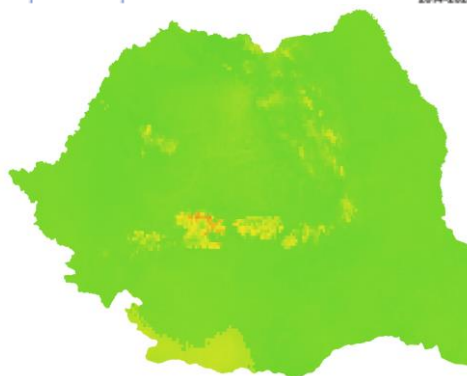
prezent
Pietrișuri și stâncării



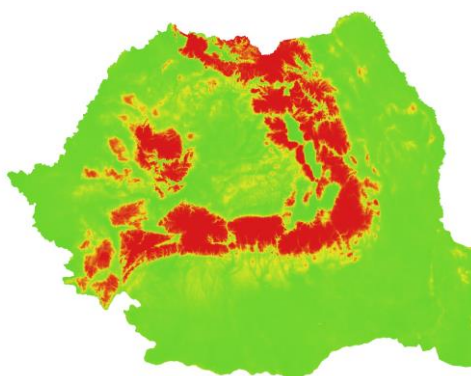
viitor



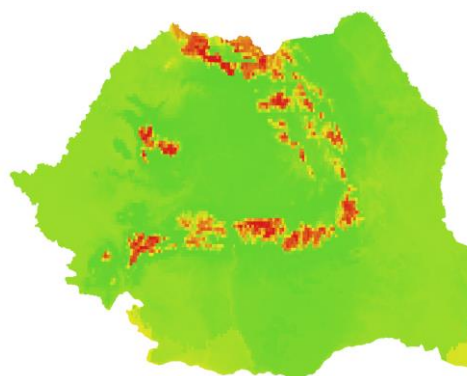
prezent
Pajiști



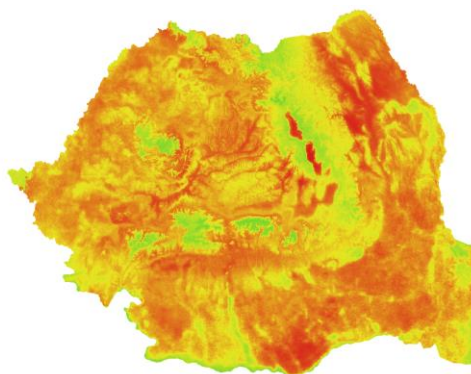
viitor



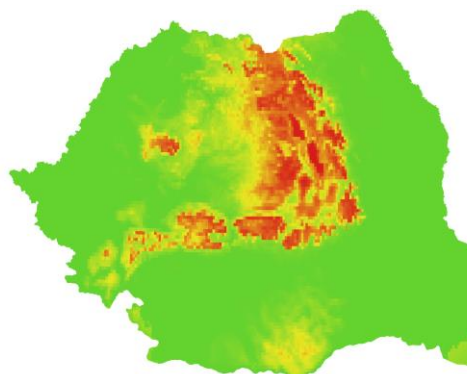
prezent
Terenuri arabile



viitor



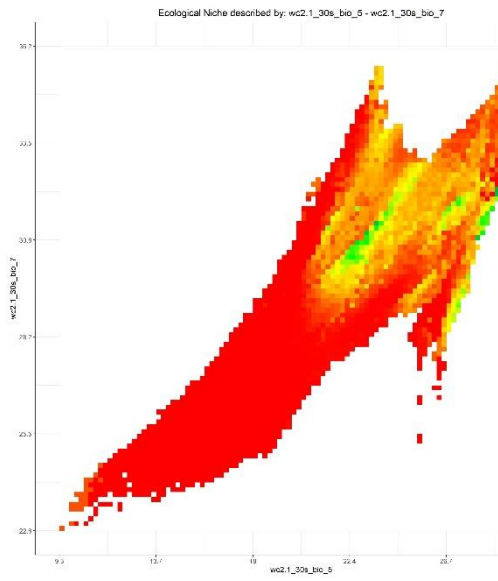
prezent
TF



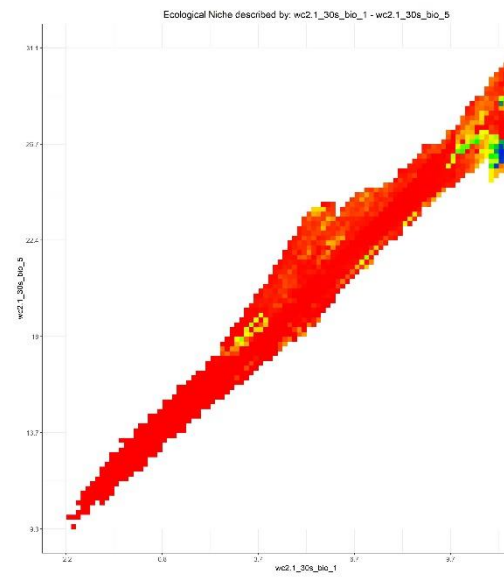
viitor

Fig. 7 Hărți ale probabilităților de distribuție a diferitelor clase analizate (0: ro;u - 100%: verde)

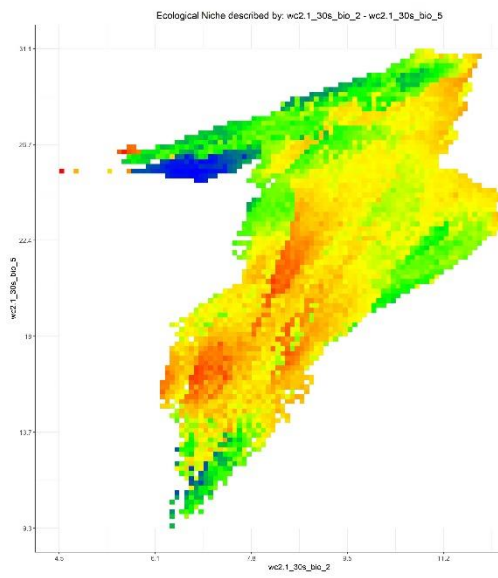
Varițiile între situația prezentă și cea viitoare pot fi explicată prin selectarea unui scenariu climatic extrem în evaluarea perioadei 2080-2100, caracterizat de o schimbare semnificativă a ponderii variabilelor urmărite în modelul fiecărei clase. Schimbări în relația dintre variabilele bioclimatice influențează modul în care este descrisă spațial nișa potențială a fiecărei clase.



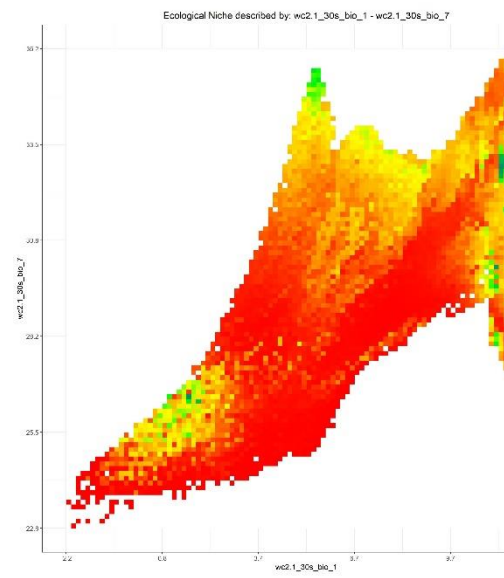
Culturi permanente



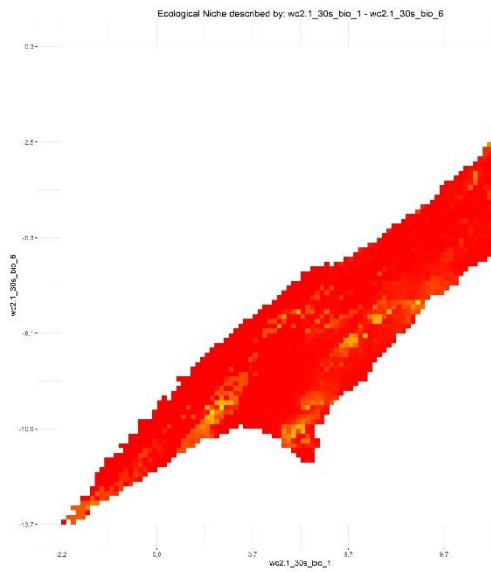
Lacuri



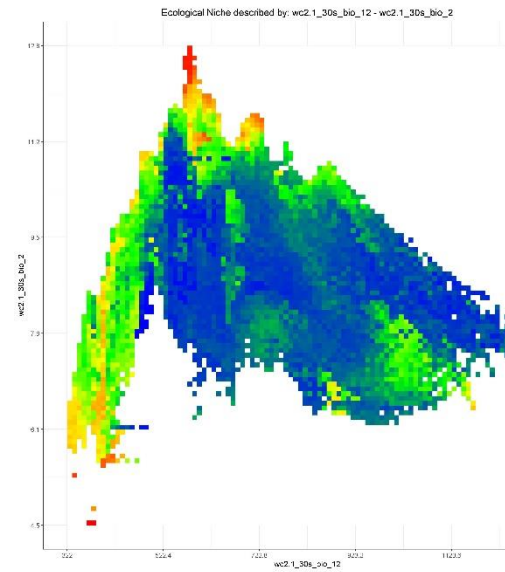
Vegetație de mlaștină



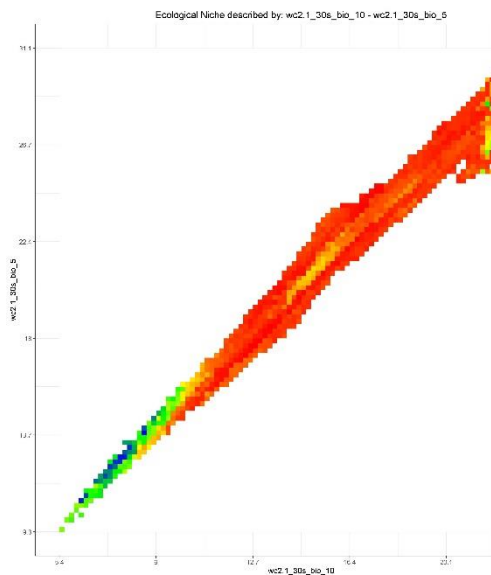
Ape curgătoare



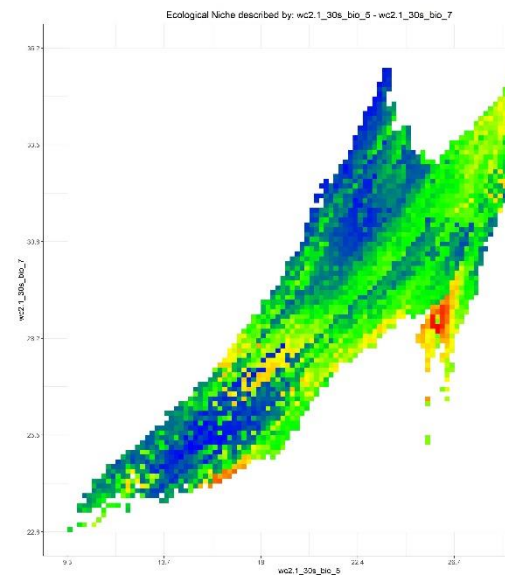
Nisipuri și dune



Vegetație forestieră



Pietrișuri și stâncării



Pajiști

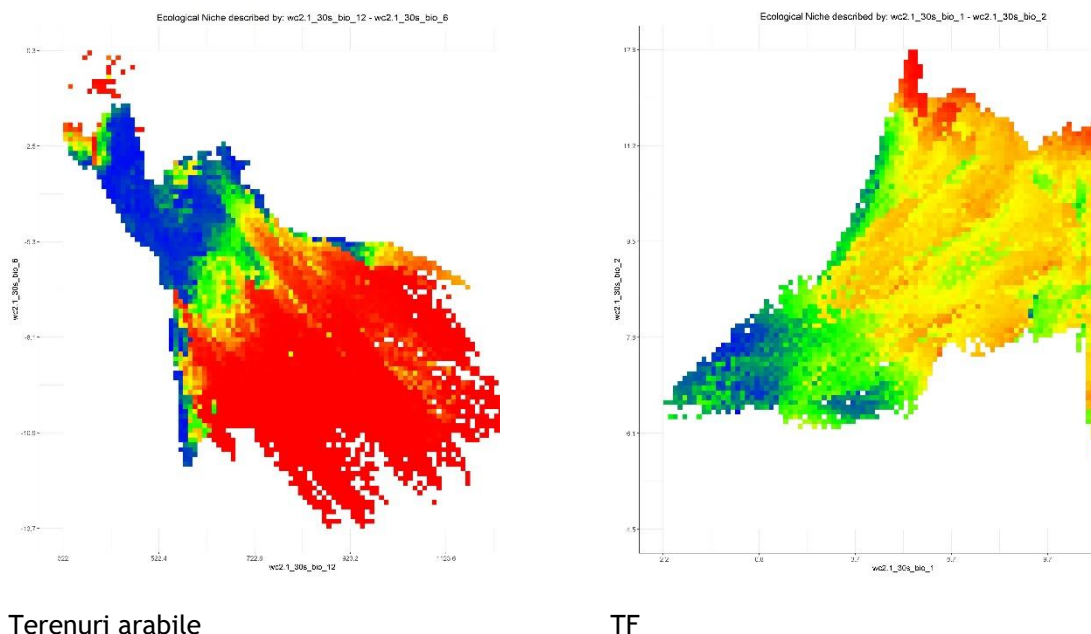


Fig. 8 Nișa potențială a claselor analizate exprimată ca relație între primele două variabile bioclimatice (AUC)

Urmează ca distribuțiile obținute să fie corelate cu diferitele clase de utilizare a terenului și fuzionate într-o manieră ponderată, pe baza unui tabel lookup conținând note pentru fiecare serviciu ecosistemic asociat. Astfel se urmărește obținerea unor reprezentări spațiale a măsurii în care diferitele servicii ecosistemice sunt îndeplinite la scară națională de mozaicul de utilizări curente. Parcurgerea acestor analize și pentru datele modelate pe baza variabilelor bioclimatice viitoare va permite evaluarea dinamicii diferitelor areale de optim ecologic între prezent și anul 2100, în cadrul descris de ssp ales.

Strategia propusă presupune evaluarea diferitelor tipuri de servicii ecosistemice, pe baza datelor existente privind folosința terenului și cuantificarea capacității acestora de a furniza servicii ecosistemice, totul într-o manieră geo-spațială.

Abordarea scorurilor de acoperire a terenurilor a fost prezentată pentru prima dată în Burkhard *et al.*, 2012. Aceasta este uneori cunoscută sub numele de abordarea Burkhard sau abordarea matriceală. Aceasta presupune elaborarea unei matrice de scoruri pentru capacitatea diferitelor tipuri de acoperire a terenurilor de a furniza diferite servicii ecosistemice, apoi utilizarea acestor scoruri pentru a produce distribuții ale fiecărui serviciu ecosistemic. Pentru studiul inițial al lui Burkhard, scorurile au fost generate folosind cunoștințele de specialitate ale autorilor, dar intenția era ca această abordare să poată fi ulterior rafinată prin utilizarea de date sau modele biofizice pentru a îmbunătăți scorurile. Hărțile de acoperire a terenurilor din studiul Burkhard au fost bazate pe seturile de date CORINE și, prin urmare, au fost limitate la clase de acoperire a terenurilor relativ largi (de ex. păduri de conifere, pășuni naturale, corpuri de apă).

Tehnica a fost extinsă ulterior de Kopperoinen, Itkonen and Niemelä, 2014, sub denumirea de abordare GreenFrame. Această abordare consolidează derivarea scorurilor de acoperire a terenurilor prin suplimentarea cunoștințelor experților cu cele locale. Tehnica de notare a acoperirii terenurilor a fost aplicată în prezent într-o serie de studii din întreaga

lume și este recunoscută ca fiind o metodă eficientă de cartare a unei game largi de servicii ecosistemice.

Cu toate acestea, acuratețea tehnicii depinde de rezoluția datelor privind acoperirea terenurilor disponibile și de fiabilitatea scorurilor (Jacobs, Dendoncker and Keune, 2013).

În stadiul actual de aplicare, evaluările se bazează pe o cantitate mare de date calitative și pe unități spațiale relativ reduse ca și suprafață, fiind utilizate date cu specific național. Cu toate acestea, generalizările caracteristicilor particulare ale habitatelor sunt inevitabile. Acest tip de diferențieri este un aspect ce trebuie luat în considerare în cadrul aplicațiilor ulterioare prin detalierea / localizarea suplimentară a datelor utilizate, sau concentrarea pe anumite servicii. La nivel național sub o abordare generală a unei multitudini de servicii, se urmărește ca rezultatele să furnizeze informații statistice și spațiale utile pentru planificarea și gestionarea mediului, modelele conceptuale și, în special, informațiile explicite din punct de vedere spațial, precum hărțile, având un potențial ridicat de a sprijini înțelegerea sistemelor complexe și a relațiilor dintre ele.

4. Utilizarea terenului: *proxi în evaluarea serviciilor ecosistemice*

Utilizarea terenurilor este în mod evident limitată de factori de mediu, cum ar fi caracteristicile solului, clima și topografia. Dar ea reflectă, de asemenea, importanța terenului ca și resursă finită. Activitățile umane care utilizează și, prin urmare modifică sau mențin atributele de acoperire a terenurilor, sunt considerate a fi sursele *proxi* ale schimbării. Astfel de acțiuni apar ca o consecință a unei game foarte largi de aspecte sociale, inclusiv cele mai elementare nevoi umane privind hrana, resursele, spațiul de locuit și recreerea. Prin urmare, nu pot fi înțelese independent de forțele motrice care stau la baza lor. Unele dintre acestea, cum ar fi drepturile de proprietate și structurile sociale, influențează accesul la resurse funciare sau controlul asupra acestora. Altele, cum ar fi densitatea populației și nivelul de dezvoltare economică și socială, influențează cerințele care vor fi impuse terenurilor, în timp ce tehnologia influențează intensitatea exploatării. Economia de piață modelează deciziile privind utilizarea terenurilor prin crearea stimulentele ce motivează factorii de decizie (*Relating Land Use & Global Land-Cover Change*, no date; Blaikie and Brookfield, no date; Boserup and Chambers, 1965; Ehrlich and Holdren, 1971; Ehrlich and Ehrlich, 1990; Saunders, Hobbs and Margules, 1991; Schimel, Kittel and Parton, 1991, 2016; Brouwer, Thomas and Chadwick, 1991; Bilsborrow and Bilsborrow, 1992; Pearce *et al.*, 1992; Stern *et al.*, 1999; Turner, 2003; Meyer and Turner, 2003; Verheye, 2007; Jones and O'Neill, 2016).

Interpretarea modului în care acești factori interacționează pentru a genera diferite categorii de utilizare a terenurilor în diferite contexte sociale și de mediu este complexă. De exemplu, degradarea aparentă a terenurilor aride ar putea fi rezultatul fie al pășunatului excesiv, fie o consecință involuntară a intervențiilor privind dezvoltarea, precum forarea de puțuri (fapt ce sporește stresul asupra terenurilor din apropierea acestora), fie ca și o consecință a conexiunilor guvernamentale, capabile să supraexploateze terenurile aparținând statului sau comunităților locale.

5. *Contextualizarea utilizării terenurilor, a acoperirii terenurilor și a indicilor de schimbare*

Pentru a înțelege schimbările ce au loc asupra categoriilor de folosință a terenurilor ca și element al schimbărilor climatice în particular, și de mediu în

general, este necesar să se înțeleagă legăturile dintre sistemele umane (context social) care generează schimbări atât asupra utilizării terenurilor în sine, cât și asupra sistemelor fizice ce sunt afectate de schimbările rezultate în folosința terenurilor.

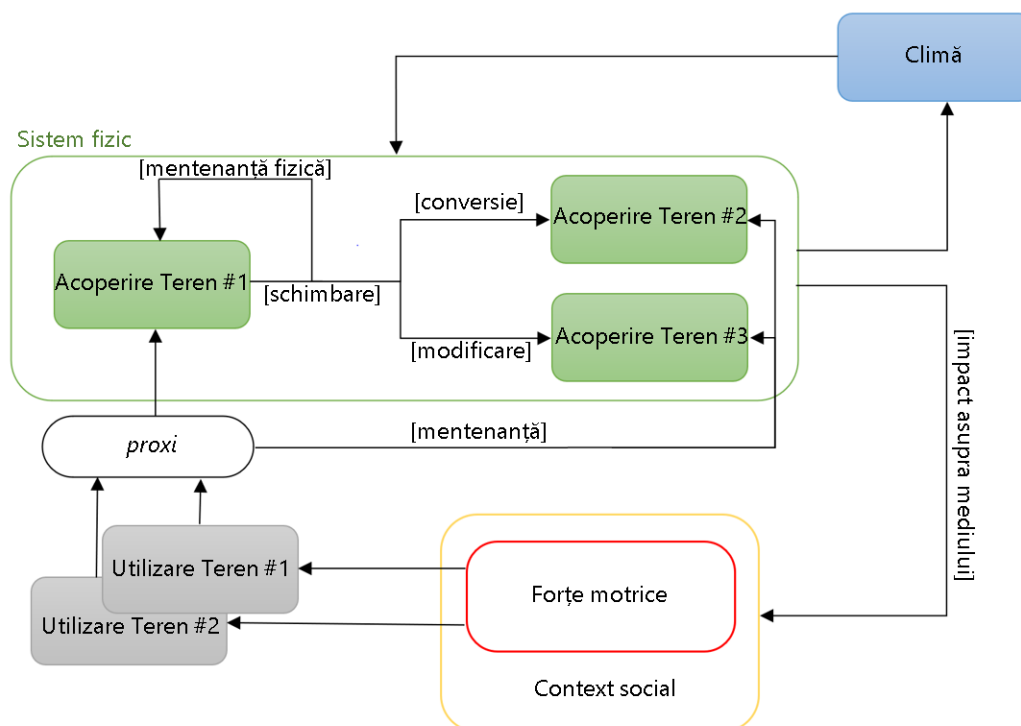


Figura 20. Schema de relaționare a utilizării terenurilor și a modificărilor acestora

(adaptare după *Relating Land Use And Global Land-Cover Change: A Proposal For An Igbp-Hdp Core*)

În această schemă, acoperirea terenului (sistem fizic) există într-o relație sistemică cu utilizările (utilizarea terenului) acestuia și cauzele din spatele acestor utilizări. Forțele motrice interacționează între ele și conduc la diferite utilizări ale terenurilor în funcție de contextul social în care acestea operează. La momentul t1, forțele motrice conduc la acțiuni care accentuează cererea privind utilizare a terenului #1, fapt care necesită manipularea acoperirii terenului prin intermediul tehnologiei precum defrișarea, recoltarea sau amendarea (surse proximale de schimbare - proxi). Această schimbare este direcționată fie către schimbarea acoperirii existente a terenului (de la #1 la #2 sau #3), fie spre menținerea unei anumite categorii de acoperire (#1). În primul caz, categoria de acoperire existentă este schimbată, fiind necesară menținerea acestei noi categorii contra proceselor naturale care ar putea să o modifice (bucla de mențință fizică).

Modificările care duc la o nouă clasă de acoperire a terenului sunt de cel puțin două tipuri:

- modificarea precum în cazul acoperirii terenului #3 (de exemplu, fertilizarea terenurilor cultivate sau plantarea de specii alogene în pășuni).

- conversia precum în cazul acoperirii terenului #2 (de exemplu, transformarea pădurilor în terenuri cultivate).

Procesele de întreținere susțin conversia (#2) sau modificarea (#3) acoperirii terenurilor. Prin urmare, sursele proxy pot fi considerate ca fiind cele de conversie, modificare sau întreținere.

Consecințele asupra mediului ca urmare a schimbării acoperirii terenurilor afectează forțele motrice inițiale prin intermediul buclei de feedback privind impactul asupra mediului. De asemenea, este foarte probabil ca aceste modificări ale acoperirii terenului (#2 și #3) să se repete, astfel încât să atingă magnitudini spațiale și temporale care să influențeze schimbările climatice, care la rândul lor, influențează sistemul fizic local, afectând acoperirea terenului și, în cele din urmă, forțele motrice prin intermediul buclei privind impactul asupra mediului. Indiferent de stimuli sau de interacțiunea forțelor motrice în contextul lor social, modificările forțelor motrice la momentul t_2 pot declanșa o nouă categorie de utilizare a terenurilor (#2), cu noi consecințe asupra sistemului de utilizare/coperire a terenurilor.

Această perspectivă indică faptul că înțelegerea schimbărilor de mediu trebuie să ia în considerare:

- condițiile și modificările în acoperirea terenurilor generate de schimbările în utilizarea terenurilor.
- ritmul cu care au loc schimbările în procesele de conversie-modificare-întreținere a utilizării terenului.
- forțele antropice și condițiile sociale care influențează tipurile și ritmurile proceselor

Este deci necesară o perspectivă amplă care să aibă în vedere toate aceste aspecte în procesul de evaluare a efectelor schimbărilor climatice ca și forță motrică în dinamica mediului. Implicit trasarea de măsuri ca și factor compensator pe fliera contextului social, nu se poate face decât într-un astfel de context cuprinzător. Cunoscând însă limitările în obținerea și utilizarea într-o manieră spațială a datelor socio-economice, accentul analizei va fi plasat pe elementul sistemului cu importanța cea mai crescută, asupra căruia se pot face predicții de încredere, și anume folosința terenului și derivata acestuia, acoperirea terenului.

6. Conceptul de vegetație potențială în modelarea folosinței/acoperirii terenului

Vegetația potențială este “acoperirea vegetală în echilibru cu clima, care ar exista într-un anumit areal neafectat de activitățile umane” (Hemsing and Bryn, 2012; Levvasseur *et al.*, 2012). Este o stare ipotetică, presupunând condiții fizice naturale, o stare de referință a vegetației care presupune că nu există degradare și/sau perturbări ecologice neobișnuite.

Se poate astfel continua cu o ipoteză ce să susțină echivalarea acoperirii terenului cu starea naturală pentru arealul analizat. Această abordare, sprijinită și de scenarii climatice sub care se va face predicția pentru perioada viitoare (scenarii ce analizează holist schimbările provenite din surse naturale și antropice) reduc gradul de abstractizare al analizei presupus în momentul concentrării stricte pe acoperirea/folosința terenului.

O limitare frecventă a datelor generate pe această cale este rezoluția spațială grosieră (Hengl *et al.*, 2018), care reduce utilitatea în activități de planificare operațională (Marchant *et al.*, 2009; Levvasseur *et al.*, 2012; Tian *et al.*, 2016). În plus, acestea sunt rareori în concordanță una cu cealaltă deoarece nu împărtășesc aceleași criterii de modelare și cartare și, în mod tradițional, pun accentul pe grupări specifice la nivel regional mai degrabă decât pe clasificări funcționale.

Pentru a evita astfel de efecte s-a optat pentru realizarea unor modelări cu specific național. S-a urmărit astfel creșterea acurateții datelor folosind ca și input surse locale și covariabile climatice de actualitate. Scopul final a fost de a produce distribuții potențiale ale vegetației, atât prezente cât și viitoare, detaliate, bazate pe metode obiective și reproductibile.

7. Aspecte metodologice

a. Modelarea vegetației potențiale: generalizare a modelelor de distribuție a speciilor

Vegetația naturală potențială este acoperirea vegetală ipotetică care ar fi prezentă dacă vegetația ar fi în echilibru cu elementele de mediu, inclusiv factorii climatici și perturbările.

Atunci când se ia în considerare o astfel de analiză trebuie să se facă distincția între vegetația "naturală" potențială și vegetația "gestionată" potențială, precum și între vegetația naturală "reală" și vegetația "reală" gestionată. Același aspect este valabil și pentru acoperire/folosința terenului, o caracteristică dinamică, care se modifică odată cu schimbarea condițiilor climatice.

Indiferent de tipul de acoperire, conceptul (atât ca o problemă de clasificare, cât și ca o problemă de regresie) este un etalon util în raport cu care se poate măsura cantitativ schimbarea.

În principiu, modelarea vegetației potențiale și derivat, a acoperirii, este un caz particular de modelare a distribuției speciilor (Hijmans *et al.*, 2005; Elith *et al.*, 2006; Hemsing and Bryn, 2012): în centrul acestui proces se află modelarea statistică a relației dintre clase și o listă de predictorii, adică contextul biotic și abiotic.

Diferența dintre cartarea distribuției reale și cea potențială este că cea de a doua presupune extrapolarea modelului la întreg teritoriul analizat, presupunând o distribuție ipotetică într-un set specific de condiții bioclimatice și/sau biofizice originale.

Principalele ipoteze aplicate atunci când se realizează un astfel de model sunt:

- gradientele ecologice surprinse în datele de intrare reflectă doar gradientele ecologice naturale și nu și intervenția antropică, precum construcțiile.
- datele de intrare sunt reprezentative pentru zona de studiu.

În acest studiu, modelele de predicție sunt de tipul "probabilitate". Este de reținut faptul că un model de predicție spațială potențială împarte spațiul geografic între toate clasele de intrare furnizate. Prin urmare, este necesar, ca reprezentarea teritoriului să fie realizată cu reprezentarea completă a acestora, astfel încât modelul să poată fi aplicat pe întregul domeniu spațial de interes. Dacă nu se cunosc toate clasele, atunci spațiul va fi interpolat artificial și acoperit cu clase cunoscute care ocupă nișe ecologice similare, ceea ce poate duce la distorsiuni de predicție. Cu alte cuvinte, ca și în cazul modelării distribuției speciilor individuale, atât datele de prezență, cât și cele de absență joacă un rol la fel de important pentru calibrarea modelului (Elith *et al.*, 2006).

b. Date de intrare, modele, ssp, GCM

Cunoscând contextul cât și limitările descrise anterior, pentru calibrarea modelelor aplicate, au fost luate în considerare date național specifice actuale, realizate supervizat la o rezoluție spațială ridicată (unitatea maximă de cartare 1km x 1km).

Clasele acoperite au adresat vegetația, eliminând categorii cu exclusiv antropice precum căile de transport și zonele asociate acestora (ex. parcuri, zone de siguranță sau protecție) zonele industriale sau regiunile construite.

Cu toate acestea, parțial datorită imposibilității de a realiza un eșantionaj relevant privind strict vegetația naturală existentă, și parțial datorită semnificației

creștute pe care o au aceste clase în analize ecologice, au fost incluse și câteva categoriile de folosință asociate prezenței umane.

În ceea ce privește variabilele bioclimatice, acestea au fost derivate din valorile lunare ale temperaturii și precipitațiilor pentru a genera variabile mai semnificative din punct de vedere biologic. Acest procedeu este frecvent utilizat în modelarea distribuției speciilor și în tehnici de modelare ecologică conexe. Variabilele bioclimatice reprezintă tendințele anuale (de exemplu, temperatura medie anuală, precipitațiile anuale), sezonalitatea (de exemplu, variația anuală a temperaturii și a precipitațiilor) și factorii de mediu extremi sau limitativi (de exemplu, temperatura celei mai reci și celei mai calde luni și precipitațiile din trimestrele umede și uscate) (Fick and Hijmans, 2017).

Tabel 38. Variabile bioclimatice și codificarea acestora

Cod variabile	Variabile
BIO1	Temperatura medie anuală
BIO2	Intervalul mediu diurn
BIO3	Izotermalitate
BIO4	sezonalitatea temperaturii
BIO5	Temperatura maximă a celei mai calde luni
BIO6	Temperatura minimă a celei mai reci luni
BIO7	Intervalul anual al temperaturii
BIO8	Temperatura medie a celui mai ploios trimestru
BIO9	Temperatura medie a celui mai uscat trimestru
BIO10	Temperatura medie a celui mai cald trimestru
BIO11	Temperatura medie a celui mai rece trimestru
BIO12	Precipitații anuale
BIO13	Precipitațiile din luna cea mai ploioasă
BIO14	Precipitațiile din luna cea mai secetoasă
BIO15	Caracterul sezonier al precipitațiilor
BIO16	Precipitații celui mai umed trimestru
BIO17	Precipitațiile celui mai secetos trimestrul
BIO18	Precipitațiile celui mai cald trimestru
BIO19	Precipitațiile celui mai rece trimestrul

Acestea au fost derivate pentru perioada curentă, și modelate pentru scenarii viitoare. Datele climatice viitoare, exprimate sub forma acelorași variabile bioclimatice, au fost realizate conform cu CMIP6 (*ES-DOC - Viewer*, no date; Eyring *et al.*, 2016).

CMIP6 reprezintă o îmbunătățire substanțială față de CMIP5, în ceea ce privește numărul de scenarii viitoare examinate. CMIP este un cadru experimental standardizat pentru studierea rezultatelor modelelor de circulație generală atmosferică și oceanică. Acest lucru facilitează evaluarea punctelor forte și a punctelor slabe ale modelelor climatice, ceea ce poate îmbunătăți și orienta dezvoltarea viitoarelor modele.

Modelul utilizat a fost MIROC6, cea de-a șasea versiune a modelului pentru cercetări interdisciplinare asupra climei (Tatebe *et al.*, 2019).

Scenariul climatic urmărit este ssp3 pentru intervalul de timp 2081-2100.

Modelele climatice globale sunt modele numerice care descriu mecanismele naturale din atmosferă, suprafața terestră și ocean. GCM-urile (model de circulație generală) reprezintă sistemul climatic adoptând o grilă tridimensională cu o rezoluție orizontală grosieră și multiple straturi verticale, precum și diferite niveluri de adâncime pentru mări și oceane. Acestea sunt dezvoltate pentru a indica fizica și dinamica atmosferei și pentru a simula clima din trecut în vederea analizării schimbărilor climatice viitoare. Urmăresc legile de conservare (impuls, masă, energie, umiditate), dinamica fluidelor și multe altele. Unii dintre parametrii și condițiile limită luate în considerare în GCM sunt viteza de rotație a Pământului, constantele termodinamice și de radiație ale gazelor atmosferice și ale norilor, altitudinea suprafeței terestre, masa totală a atmosferei și compoziția acesteia, tipul de sol și albedo-ul de suprafață. Cu toate acestea, lipsa unor informații complete despre procesele atmosferice, aproximările din timpul modelării numerice, scările spațio-temporale, rezoluția, diferitele mecanisme de feedback (norii și radiația solară, gazele cu efect de seră, aerosolii, sursele naturale și antropice, circulația oceanică, vaporii de apă și încălzirea, albedoul gheții și al

zăpezii) și perspectivele diferite (parametrizări fizice, inițializări și structuri ale modelului) sunt cauzele incertitudinilor care conduc fie la supraestimarea, fie la subestimarea valorilor variabilei climatice considerate, în comparație cu variabilele observate.

Aceste aspecte stau la baza necesității într-o astfel de analiză de a utiliza un model de circulație generală regional sau chiar național. În lipsa unor astfel de modele, s-a optat la alternativa recomandată de studiile de specialitate, respectiv modelarea pe baza unei multitudini de GCM și evaluarea rezultatului sub formă de ansamblu al ouptului acestora.

De asemenea, diferențiere între cele cinci clase principale de scenarii socio - climatice și dieritele lor implementări conform cu traiectoriile de emisii gaze cu efect de seră (RCP) este un proces ce în mod ideal necesită particularizare. În cazul studiului prezent, s-a optat pentru utilizarea ssp3 pentru a ilustra impactul unei schimbări de intensitate medie (Riahi *et al.*, 2017).

- SSP1 Provocări reduse la atenuare și adaptare, descrie tendințele într-o lume ce se îndreaptă treptat, dar în mod uniform, către un management durabil, punând accentul pe o dezvoltare mai incluzivă care respectă limitele percepute ale mediului. Gestionarea bunurilor comune la nivel mondial se îmbunătățește, investițiile în educație și sănătate accelerează tranziția demografică, iar accentul pe creșterea economică se mută către bunăstarea umană.
- SSP2 - Provocări medii pentru atenuare și adaptare, descrie o societate ce urmează o traiectorie în care tendințele sociale, economice și tehnologice nu se schimbă în mod semnificativ față de modelele istorice. Dezvoltarea și creșterea veniturilor se desfășoară în mod inegal, unele țări înregistrând progrese relativ bune, în timp ce altele nu se ridică la nivelul așteptărilor. Instituțiile mondiale și naționale depun eforturi, dar înregistrează progrese lente în ceea ce privește realizarea obiectivelor de dezvoltare durabilă. Sistemele de mediu se degradează, deși există unele îmbunătățiri și, în general, intensitatea utilizării resurselor și a energiei scade. Creșterea demografică globală este moderată și se stabilizează în a doua jumătate a secolului. Inegalitatea veniturilor persistă sau se ameliorează doar lent, iar provocările legate de reducerea vulnerabilității la schimbările societale și de mediu rămân.
- SSP3 - Provocări ridicate în ceea ce privește atenuarea și adaptarea, ilustrează un viitor unde naționalismul este un concept reînviat, preocupările legate de competitivitate și securitate, precum și conflictele regionale împing țările să se concentreze tot mai mult asupra problemelor interne sau, cel mult, regionale. Politicile se schimbă în timp pentru a se orienta din ce în ce mai mult către problemele de securitate națională și regională. Țările se concentrează pe atingerea obiectivelor de securitate energetică și alimentară în cadrul propriilor

regiuni, în detrimentul unei dezvoltări pe baze mai largi. Investițiile în educație și dezvoltare tehnologică scad. Dezvoltarea economică este lentă, consumul este intens în ceea ce privește materialele, iar inegalitățile persistă sau se agravează în timp. Creșterea demografică este redusă în țările industrializate și ridicată în țările în curs de dezvoltare. O prioritate internațională redusă în ceea ce privește abordarea problemelor de mediu conduce la o puternică degradare a mediului în unele regiuni.

- SSP4 - Provocări scăzute în ceea ce privește atenuarea, provocări ridicate în ceea ce privește adaptarea, descrie un viitor unde investițiile extrem de inegale în capitalul uman, combinate cu disparitățile tot mai mari în ceea ce privește oportunitățile economice și puterea politică, conduc la creșterea inegalităților și a stratificării atât între țări, cât și în interiorul acestora. În timp, se adâncește decalajul dintre o societate conectată la nivel internațional, care contribuie la sectoarele economiei globale cu utilizare intensivă a cunoștințelor și a capitalului, și o colecție fragmentată de societăți cu venituri mai mici și cu un nivel de educație scăzut, care lucrează într-o economie cu utilizare intensivă a forței de muncă și cu tehnologie redusă. Coeziunea socială se degradează, iar conflictele și tulburările devin din ce în ce mai frecvente. Dezvoltarea tehnologică este ridicată în economia și sectoarele de înaltă tehnologie. Sectorul energetic conectat la nivel global se diversifică, cu investiții atât în combustibili cu emisii ridicate de carbon, precum cărbunele și petrolul neconvențional, dar și în surse de energie cu emisii reduse de carbon. Politicile de mediu se concentrează pe probleme locale în jurul zonelor cu venituri medii și ridicate.
- SSP5 - Provocări ridicate în ceea ce privește atenuarea, provocări scăzute în ceea ce privește adaptarea. Acest viitor are încredere din ce în ce mai mare în piețele competitive, în inovare și în societățile participative pentru a produce un progres tehnologic rapid și dezvoltarea capitalului uman ca fiind calea spre o dezvoltare durabilă. Piețele globale sunt din ce în ce mai integrate. Există, de asemenea, investiții puternice în sănătate, educație și instituții pentru a spori capitalul uman și social. În același timp, impulsivitatea dezvoltării economice și sociale este cuplată cu exploatarea resurselor abundente de combustibili fosili și cu adoptarea unor stiluri de viață cu consum intens de resurse și energie în întreaga lume. Toți acești factori conduc la o creștere rapidă a economiei mondiale, în timp ce populația mondială atinge un nivel maxim și scade în secolul XXI. Problemele locale de mediu, cum ar fi poluarea aerului, sunt gestionate cu succes. Există încredere în capacitatea de a gestiona eficient sistemele sociale și ecologice, inclusiv prin geoingenierie, dacă este necesar.

c. Modelarea claselor de acoperire/folosință a terenului

Un model aditiv generalizat (GAM) este un model liniar generalizat în care variabila urmărită depinde liniar de funcții necunoscute ale unor covariabile predictive, iar interesul se concentrează pe inferența cu privire la aceste funcții. GAM-urile au fost dezvoltate inițial pentru a îmbina proprietățile modelelor liniare generalizate cu cele ale modelelor aditive. Modelul pune în relație o variabilă de răspuns univariată, cu anumite variabile predictive. Pentru fiecare univariată se specifică o distribuție din familia exponențială (de exemplu, distribuții normale, binomiale sau Poisson), împreună cu o altă funcție liniară GLM care conectează univariata de variabilele predictor.

În general, GAM are avantaje în modul de interpretare al rezultatelor față de alte abordări, unde contribuția fiecărei variabile independente la predicție este frecvent

codificată și imposibil de interpretat. De asemenea, are o flexibilitate mult mai mare, deoarece relațiile dintre variabila independentă și cea dependentă nu sunt presupuse a fi liniare, și nu este necesară cunoașterea a priori a tipului de funcții predictive necesare. Din punct de vedere al estimării, utilizarea funcțiilor neparametrice regularizate evită limitările legate de abordarea termenilor polinomiali de ordin superior întâlnită în modelele liniare. Din punct de vedere al acurateței, GAM-urile sunt competitive cu tehnicile de machine learning curente.

Există deci cel puțin trei avantaje derivate din utilizarea GAM: interpretabilitate, flexibilitate/automatizare și regularizare. Prin urmare, atunci când modelul conține efecte nonliniare, GAM oferă o soluție regularizată și interpretabilă - în timp ce altor metode le lipsește, în general, cel puțin una dintre aceste trei caracteristici. GAM permite o analiză echilibrată între modelul liniar interpretabil, dar dificil de implementat, și algoritmi de interpretare automatizată extrem de flexibili, dar de tip "cutie neagră". Cu toate acestea, se poate opta pentru înlocuire sau completarea cu modele mai complexe, în momentul în care se umărește analiza mai detaliată a anumitor clase sau relația dintre ele.

Pot fi utilizate diferite abordări pentru a proiecta regiunile adecvate anumitor tipuri de vegetație și implicit a claselor de acoperire pe care le definesc și mai important a serviciilor ecosistemice furnizate, în cadrul scenariilor de schimbare climatică.

1. Tehnică modelare

Datorită complexității arealelor urmărite să se utilizeze tehnici corelative cu scopul de a reprezenta nișa potențială a fiecărei clase studiate. Acest tip de modelare poate pot fi construit pe baza datelor de prezență exclusivă, a datelor de tip prezență / absență sau a datelor de abundență relativă, fie din înregistrări de teren, fie din înregistrări de specii definitorii pentru diferite clase și modelate stacked, și chiar prin utilizarea unor locații de pseudo-prezență, fiind cunoscut faptul că există o distorsiune spațială în toate aceste tipuri de înregistrări de distribuție.

Avantajele modelării corelative sunt caracterul explicit din punct de vedere spațial, și aplicabilitatea asupra unei game largi de clase reprezentate la diferite scări spațiale, caracteristici definitorii setului de date utilizat.

2. Date de prezență

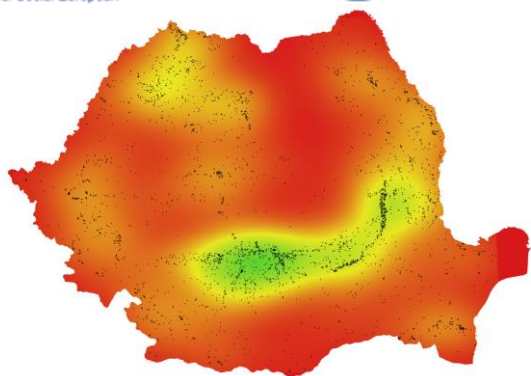
Tabel 39. Clase și număr de eșantioane utilizate

Categorie acoperire teren	Eșantioane
Culturi permanente (vii, livezi, etc.)	3263
Lacuri	864
Vegetație de mlaștină	10682
Ape curgătoare	3704
Vegetație forestieră	64524
Pietrișuri și stâncării	819
Pajiști	32474
Terenuri arabile	89757
Nisipuri și dune	604
Tufărișuri	8999

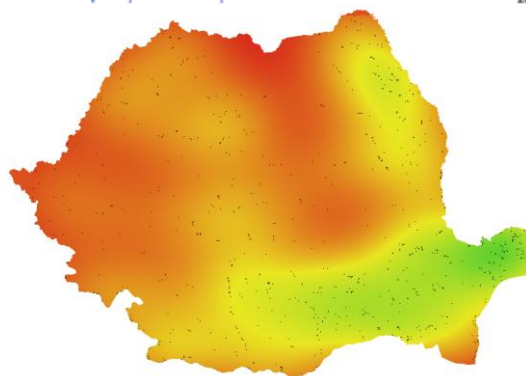
Pentru a depăși bias-ul introdus de modul de evaluare a claselor de acoperire, asupra cărora nu am avut control, precum și importanța discriminatorie acordată diferitelor categorii de acoperire a terenului sau subiectivitatea operatorilor la momentul evaluării, am optat pentru generarea de locații de pseudo-prezență din distribuțiile prezente estimate.

Utilizarea locațiilor de pseudo-prezență în modelarea corelativă a fost deja aplicată ca modalitate de a ține cont de diferiți factori cauzatori de erori sistematice sau accidentale în reprezentarea distribuțiilor și s-a dovedit a produce rezultate fiabile.

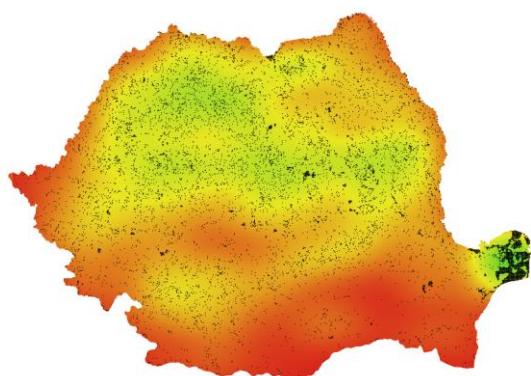
Simultan, pentru a evita predicțiile eronate ca urmare a densității ridicate de eșantioane per clasă comparativ cu punctele de fundal (pseudo-absențe), s-a apelat la utilizarea unui grid bazat pe un kernel bidimensional de estimare a densității.



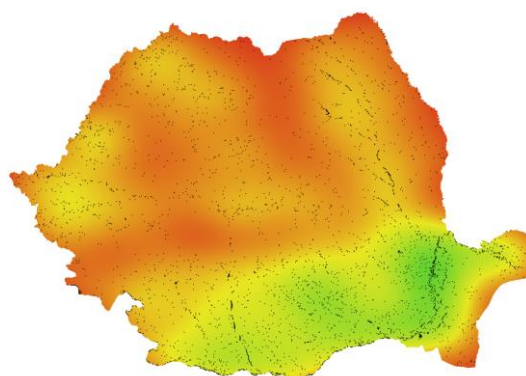
Culturi permanente



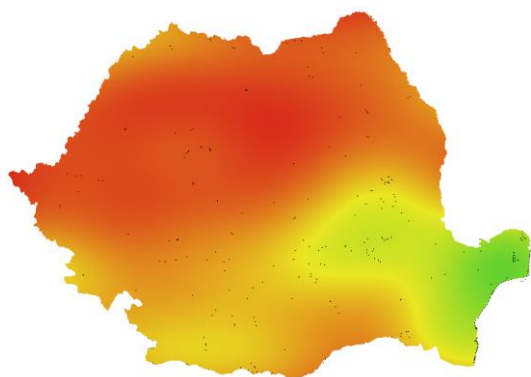
Lacuri



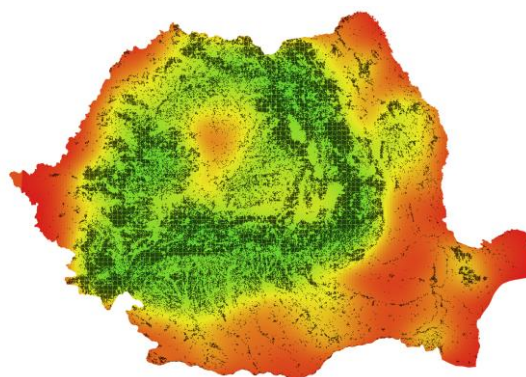
Vegetație de mlaștină



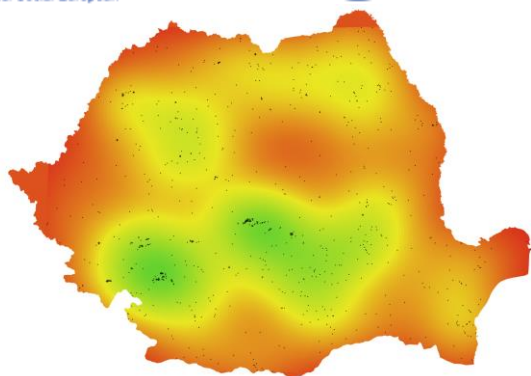
Ape curgătoare



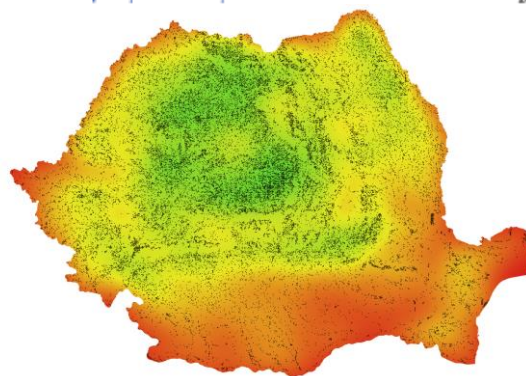
Nisipuri și dune



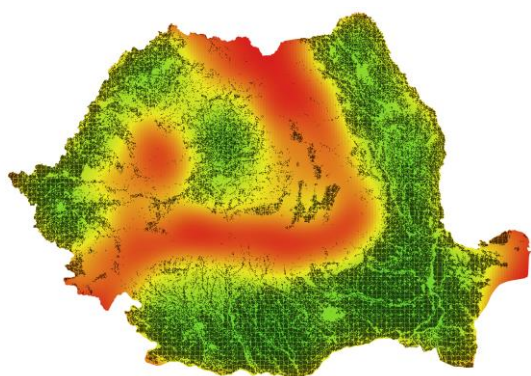
Vegetație forestieră



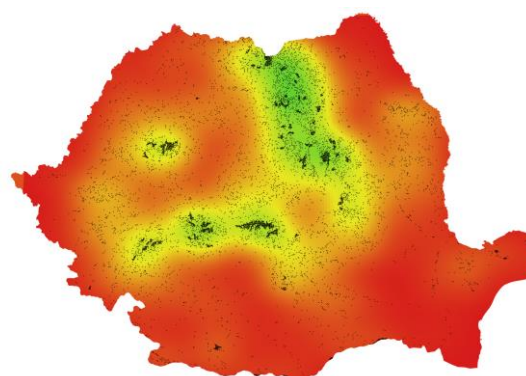
Pietrișuri și stâncării



Pajiști



Terenuri arabile



Tufărișuri

Figura 21. Densitatea eșantioanelor utilizate în modelare, pentru fiecare clasă analizată

(densitate scăzută: roșu; densitate ridicată: verde)

3. Variabile bioclimatice

În ceea ce privește covariabilele de mediu, s-a optat pentru reducerea numărului lor în vederea eliminării autocorelației spațiale dintre acestea prin preselecția variabilelor pe baza cunoștințelor de specialitate.

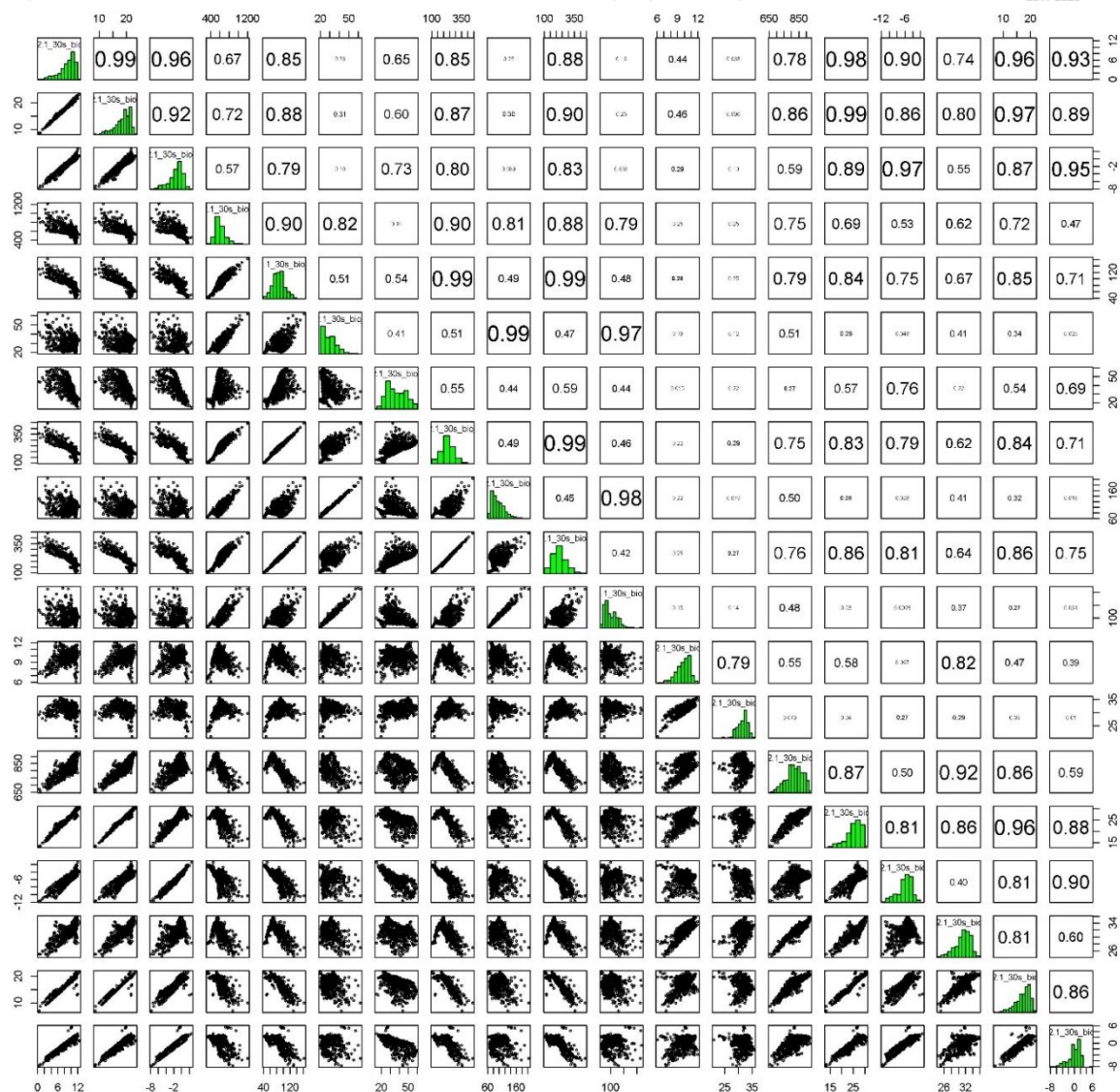


Figura 22. Matricea corelației variabilelor bioclimatice

4. Modele climatice generale

Așa cum a fost menționat și anterior, lipsa unor modele climatice național specifice, sau a unor seturi de date cu caracter regional care să acopere intervalul temporal țintă, s-a recurs la implementarea unei analize iterative. Astfel a fost posibilă abordarea a diferite GCM cât și diferite potențiale distribuții prezență - absență, sau au garantat o reprezentativitate crescută a rezultatelor și validitate indiferent de modelul de referință la care pot fi raportate.

Metodele utilizate pentru generarea MME (enseamble multi model) sunt împărțite în două mari categorii: metoda compozită simplă (SCM) și metoda ansamblului ponderat (WEM). În SCM, toți membrii ansamblului sunt ponderați în mod egal, în timp ce în WEM membrii ansamblului sunt ponderați în funcție de performanța lor în simularea climatului trecut. SCM este relativ simplu de aplicat și s-a constatat că are performanțe mai bune decât MCG-urile individuale. Performanțele MME-urilor depind de performanța elementelor

ansamblului în simularea climatului istoric și deși o ponderare conformă cu acuratețea acestora este optimă, implementările compozite simple sunt mai puțin *resource hungry*.

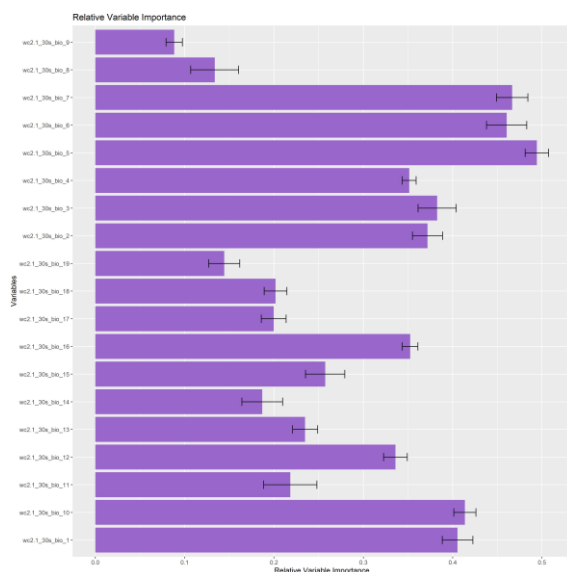
Jury *et al.*, 2015 au evaluat un total de 81 de implementări a 20 de CMIP5-GCM pentru reproducerea variabilelor de proximitate terestră pentru domeniul european al Experimentului Regional Coordonat de educere a schimbărilor climatice (EURO-CORDEX). Indicatorul a fost indicele de performanță a modelului (MPI). S-a constatat că MIROC4 este potrivit pentru regiunea aceasta. Basharin, Polonsky și Stankūnavičius, 2016 au evaluat 12 CMIP5-GCM pentru regiunea europeană adresând precipitațiile și temperatura. GCM-urile analizate au reprodus corect tendințele istorice ale încălzirii regionale. CNRM-CM5, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, CanESM2 și MPI-ESM-LR au fost evidențiate.

Pe baza acestor informații s-a recurs la modelarea SCM pentru datele evidențiate de studiile mai sus menționate și furnizate de programul WorldClim pentru scenariul urmărit și prag temporal sfârșitul de secol.

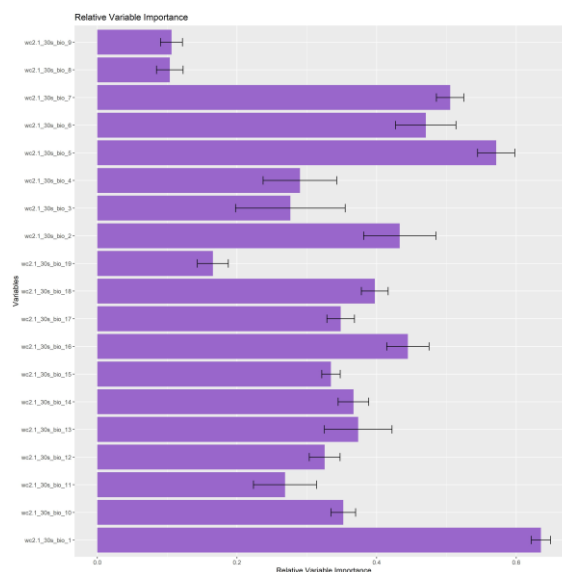
5. Modelare corelativă fuzionată

Pentru fiecare dintre iterațiile modelului au fost realizate seturi de intrare noi din datele originale, folosind metoda de replicare bootstrap și metoda de subeșantionare subsampling. Din totalul de puncte asociat fiecărei clase, 25 % selectate aleator au fost folosite ca date de testare pentru validarea modelelor, iar restul de 75% au fost folosite pentru antrenarea acestora.

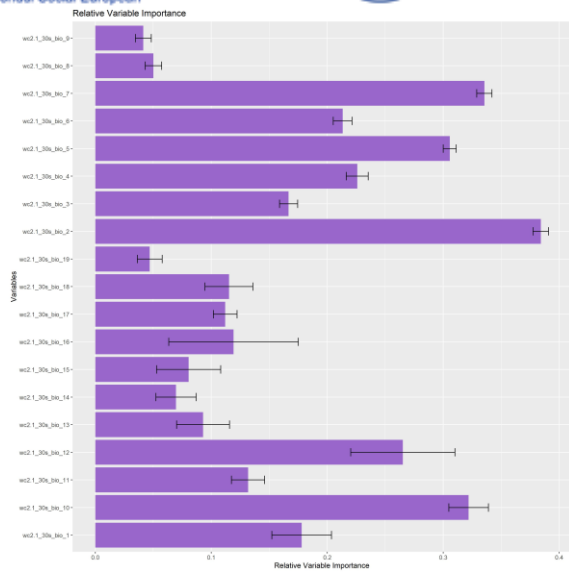
Ulterior s-a calculat importanța relativă a covariabilelor (Naimi and Araújo, 2016).



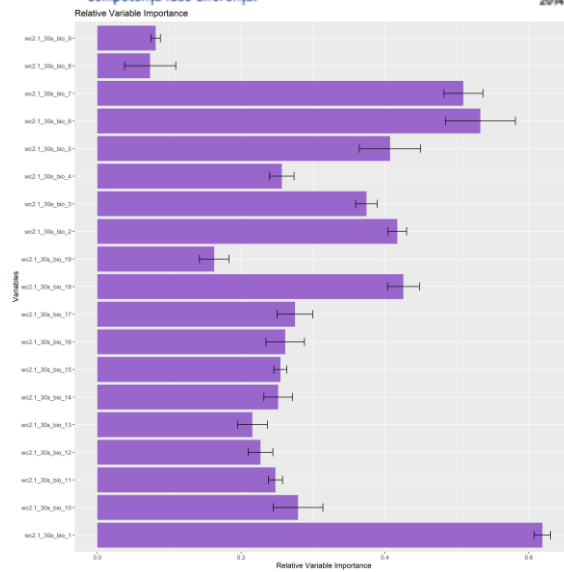
Culturi permanente



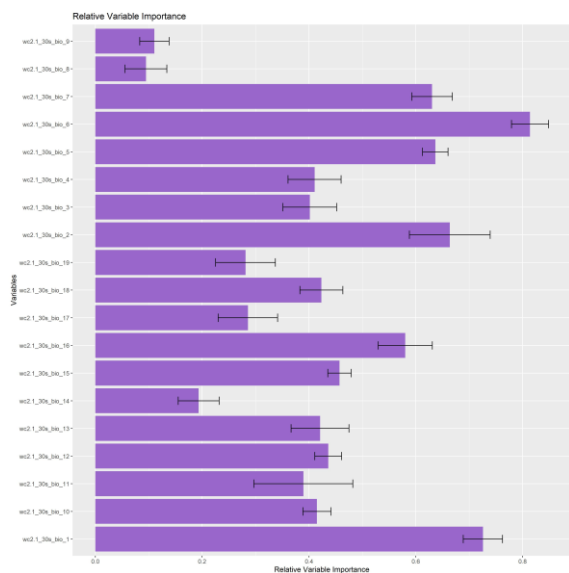
Lacuri



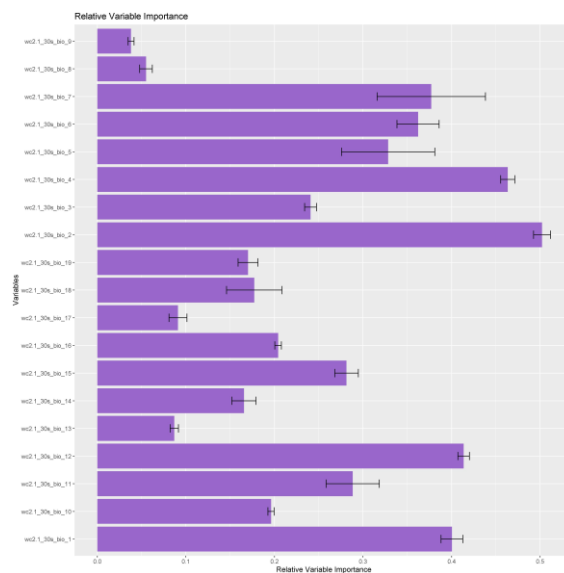
Vegetație de mlaștină



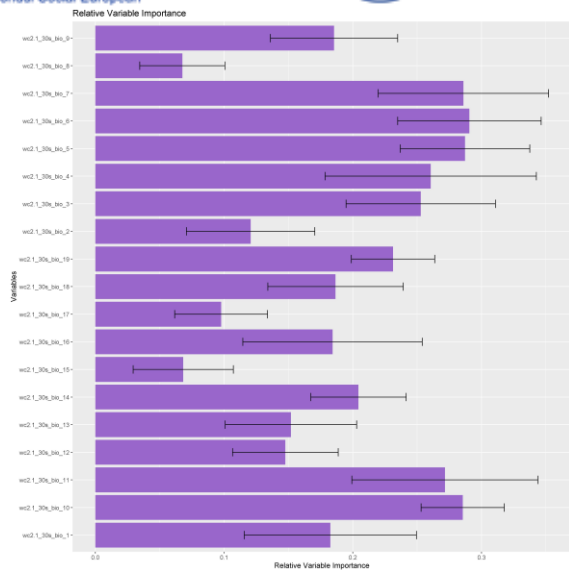
Ape curgătoare



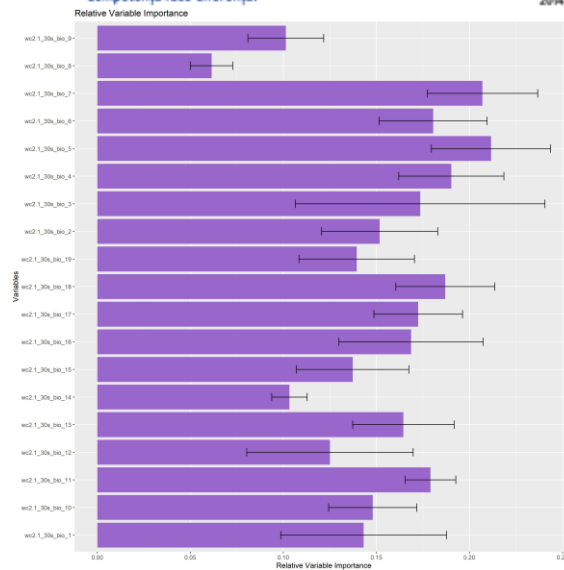
Nisipuri și dune



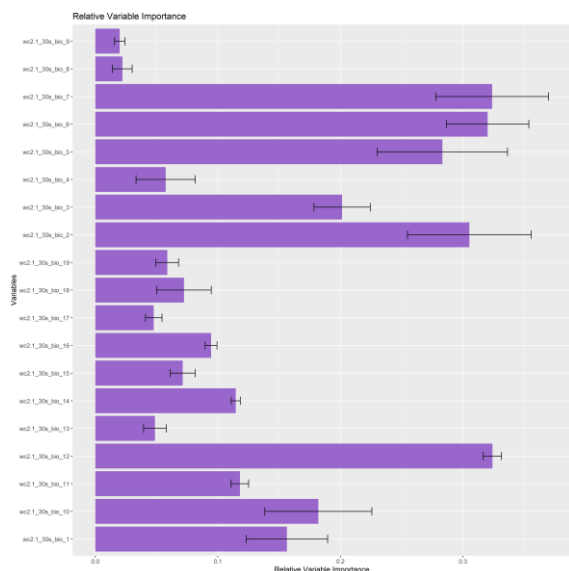
Vegetație forestieră



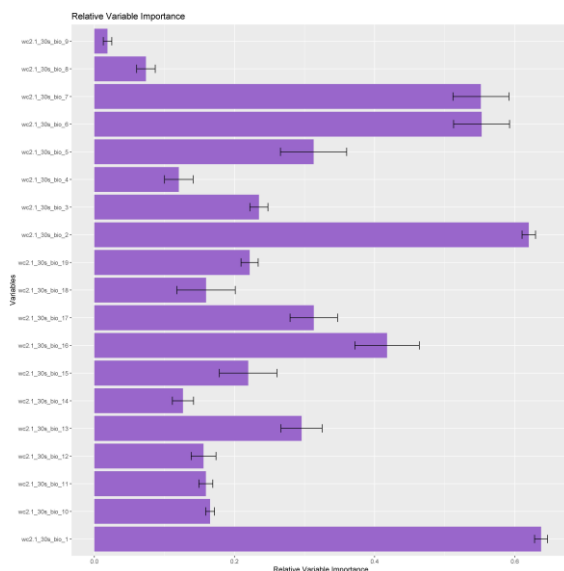
Pietrișuri și stâncării



Pajiști



Terenuri arabile



Tufărișuri

Fig. Importanța variabilelor bioclimatice în modelarea fiecărei clase, conform AUC

Pentru a beneficia de precizia crescută oferită de repetarea modelării (așa cum este descris mai sus), a fost utilizată procedura de fuziune, sau ensemble. Aceasta a permis evidențierea probabilității de detecție prin consensul tuturor modelele construite pentru fiecare clasă. Suportul matematic pentru această etapă a fost media ponderată în funcție de TSS (true skill statistic) (Allouche, Tsoar and Kadmon, 2006), folosind valoarea maximă ca și criteriu de optimizare a pragului.

d. Performanța modelării

Performanța algoritmilor de clasificare este evaluată cu ajutorul validării încrucișate cu refitting al modelelor. Pentru a valida performanța modelelor pe baza cărora au fost făcute predicțiile s-au folosit evaluări independente de prag (Franklin and Miller, 2010). Valorile AUC între 0,5 - 0,7 indică performanță scăzută, între 0,7 - 0,9 performanță rezonabilă/moderată, iar valori > 0,9 performanță ridicată (Anderson *et al.*, 2011). De asemenea, probabilităților prezise au fost raportate și folosit valorile medii de sensibilitate, specificitate, TSS, kappa și corelație. În plus, au fost calculate și reprezentate grafic răspunsul diferitelor clase de folosință a terenurilor (probabilitatea de detecție) la diferite valori ale unei variabile predictive în timp ce restul variabilelor au fost menținute constante la valoarea lor medie.

Tabel 40. Indicatori de performanță a modelării

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.74 0.754	0.37 0.396	0.35 0.374	1.00 0.974
Culturi permanente				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.76 0.802	0.31 0.376	0.41 0.454	0.57 0.511
Lacuri				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.64 0.654	0.28 0.29	0.20 0.208	1.3 1.288
Vegetație de mlaștină				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.73 0.748	0.39 0.409	0.34 0.359	1.08 1.045
Ape curgătoare				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere

GAM	0.84 0.912	0.44 0.553	0.57 0.669	0.39 0.261
Nisipuri și dune				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.68 0.681	0.28 0.283	0.27 0.272	0.72 0.711
Vegetație forestieră				

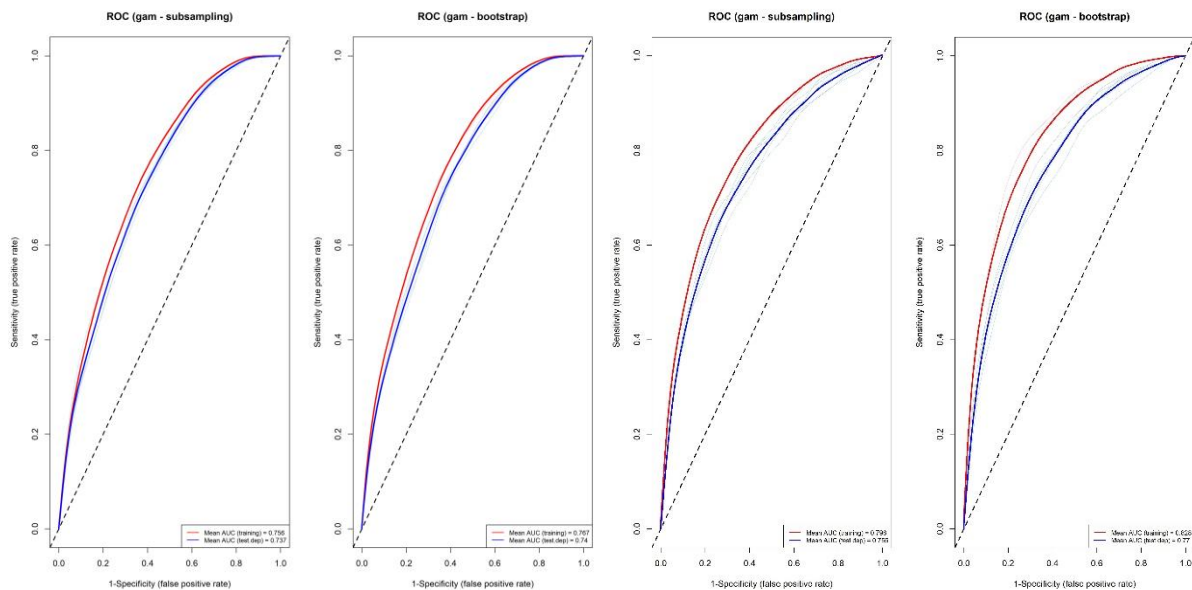
Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.70 0.725	0.32 0.346	0.31 0.327	0.52 0.496
Pietrișuri și stâncării				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.63 0.641	0.21 0.225	0.19 0.204	1.03 1.023
Pajiști				

Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.65 0.657	0.32 0.322	0.24 0.239	0.56 0.555
Terenuri arabile				

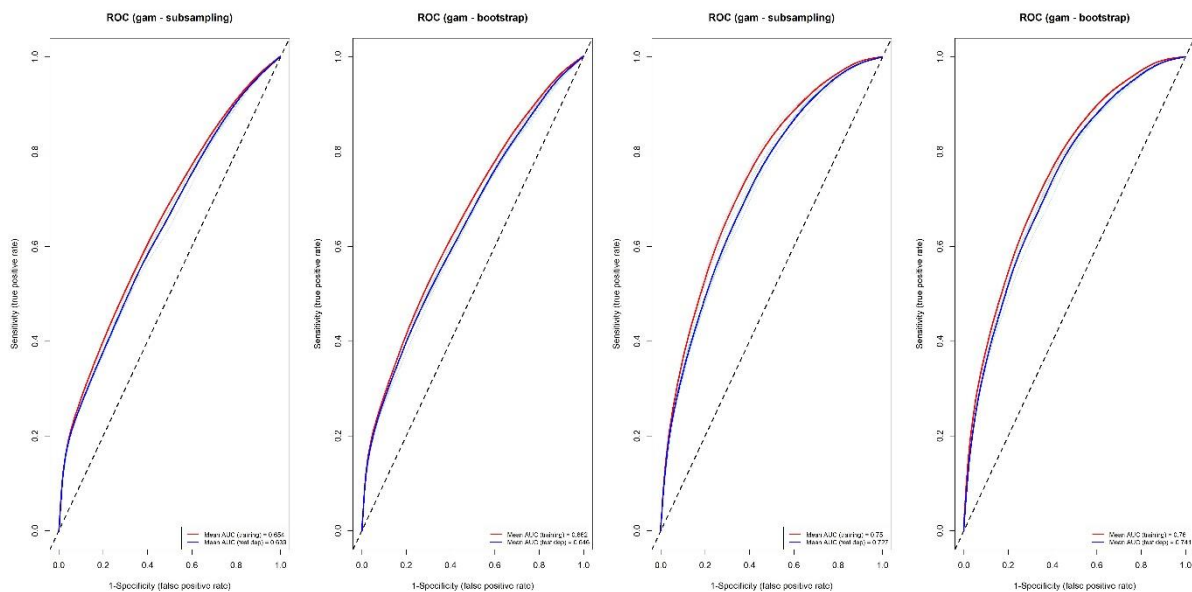
Metode	AUC	COR	TSS	Abatere
GAM	0.72 0.728	0.39 0.402	0.33 0.339	1.23 1.211
Tufărișuri				

*negru: model bazat pe relația eșantioanelor de training/testing; roșu: predicție



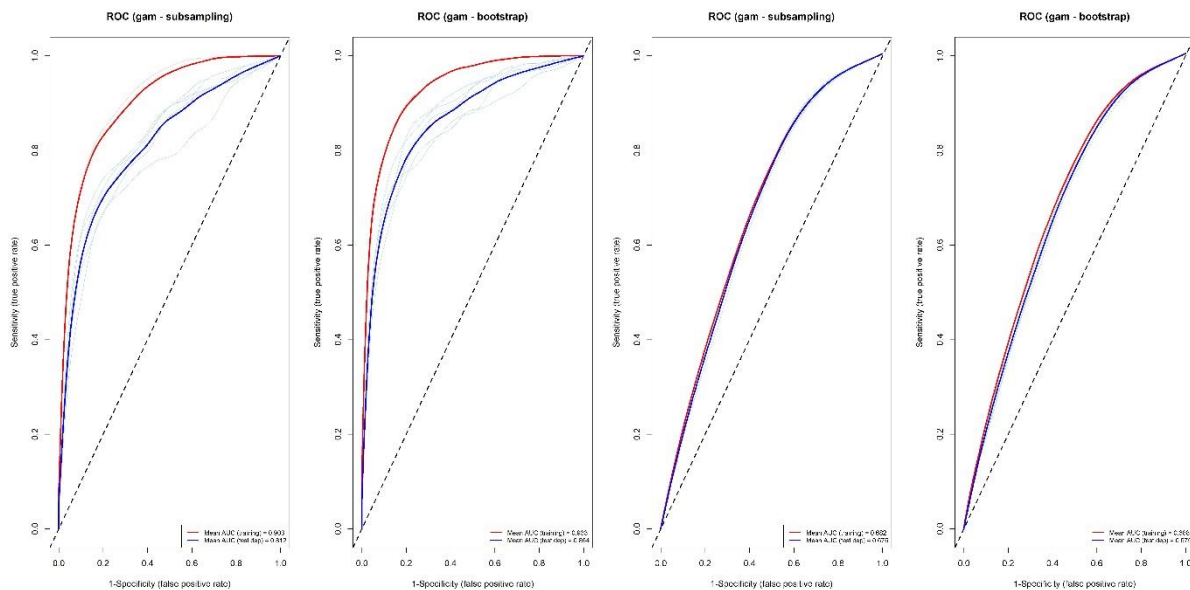
Culturi permanente

Lacuri



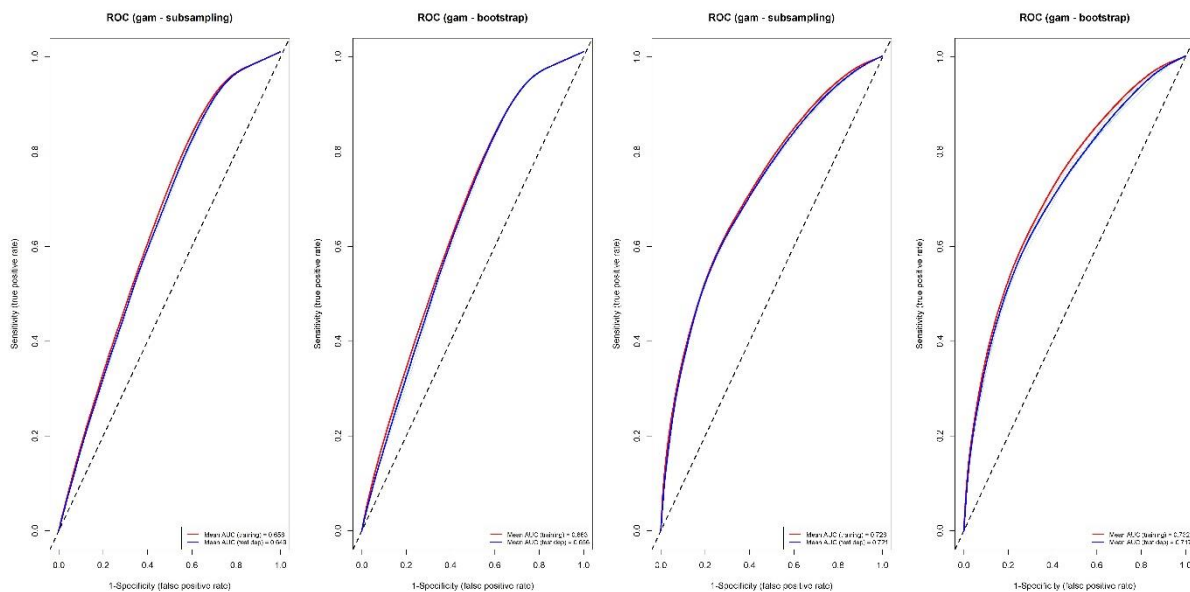
Vegetație de mlaștină

Ape curgătoare



Nisipuri și dune

Vegetație forestieră



Terenuri arabile

Tufărișuri

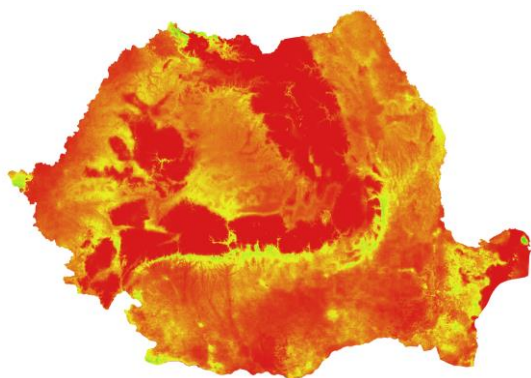
Figura 23. Rata predicțiilor fals pozitive (specificitate) vs rata predicțiilor pozitive (sensibilitate) pentru GAM

e. Cartarea distribuției arealelor afectate de schimbările climatice în funcție de ecosistem

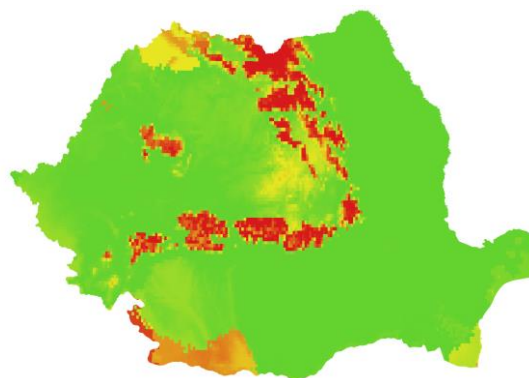
Rezultatele ilustrează un model relativ precis al distribuției claselor de acoperire a terenului analizate, având în vedere limitările impuse de utilizarea unui singur scenariu climatic, cu variabile la rezoluție spațială medie, modelate de asemenea la scară globală și pentru un pas temporal semnificativ.

Rezultatele validării încrucișate arată că modelul GAM este suficient de performant pentru o astfel de analiză și insensibil la abateri regionale.

Hărți naționale ale claselor de acoperire a terenului

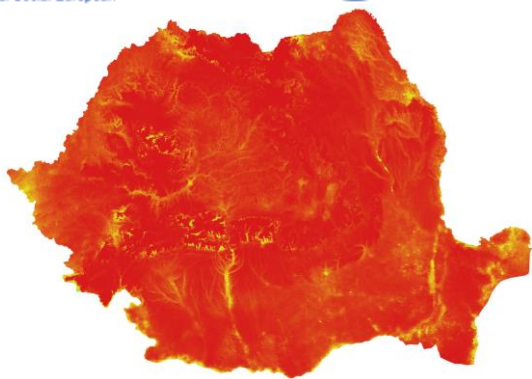


prezent

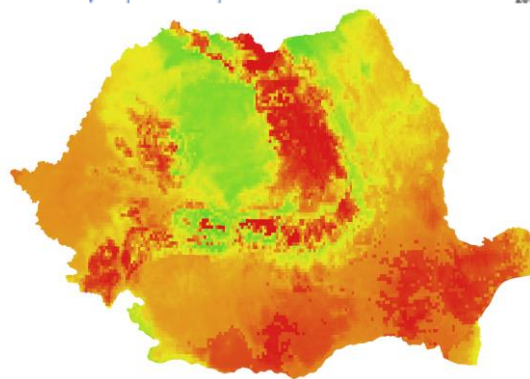


viitor

Culturi permanente

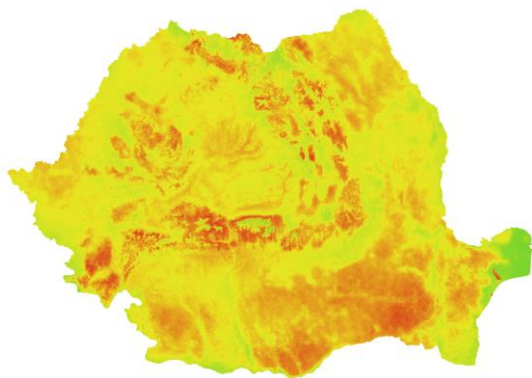


prezent

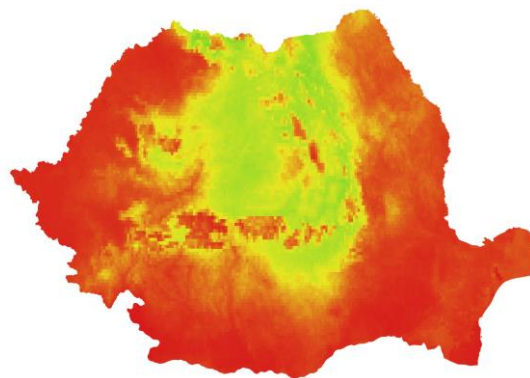


viitor

Lacuri

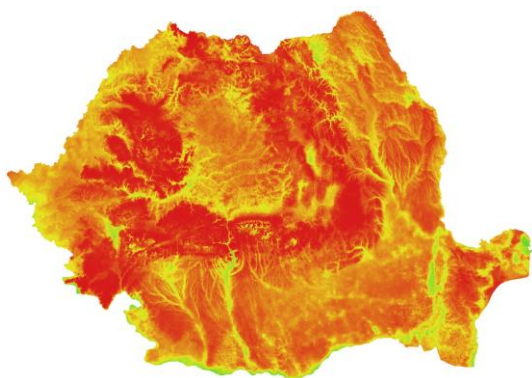


prezent

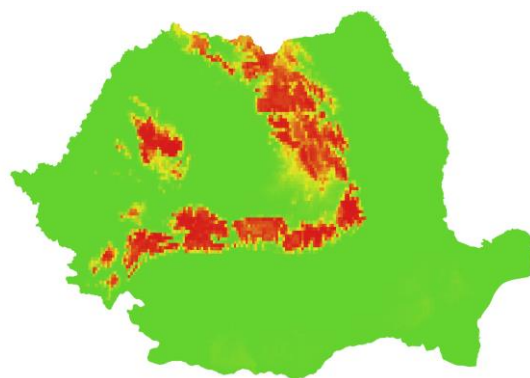


viitor

Vegetație de mlaștină

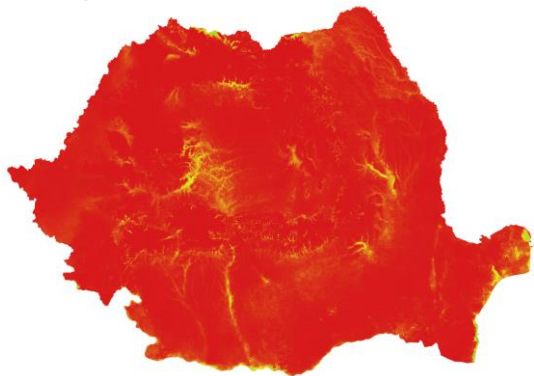


prezent

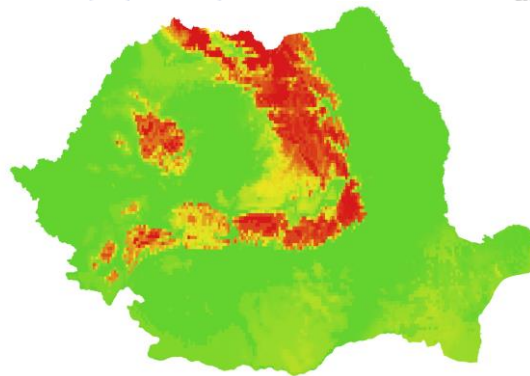


viitor

Ape curgătoare

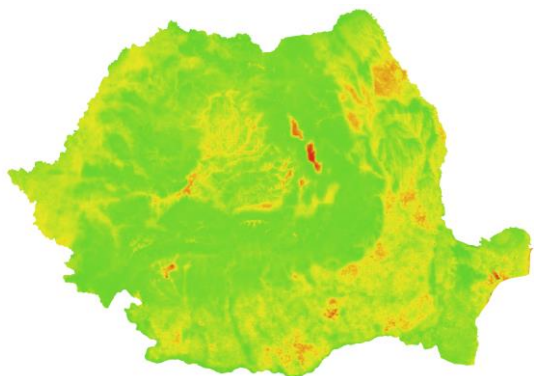


prezent

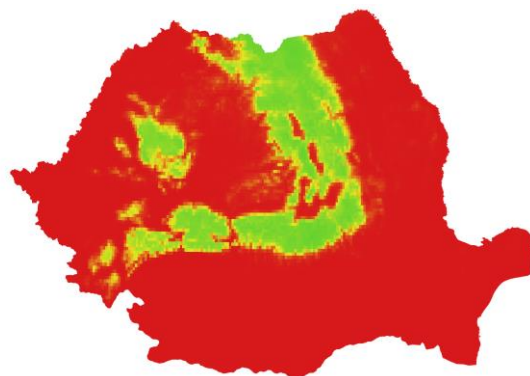


viitor

Nisipuri și dune

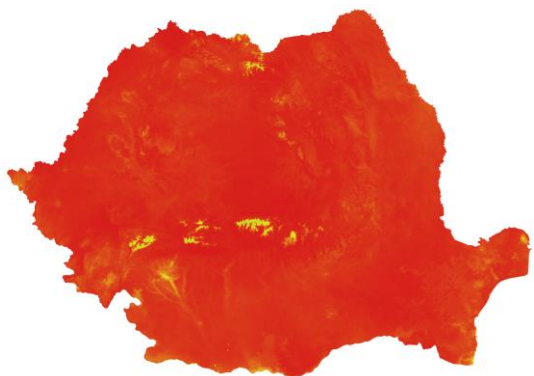


prezent

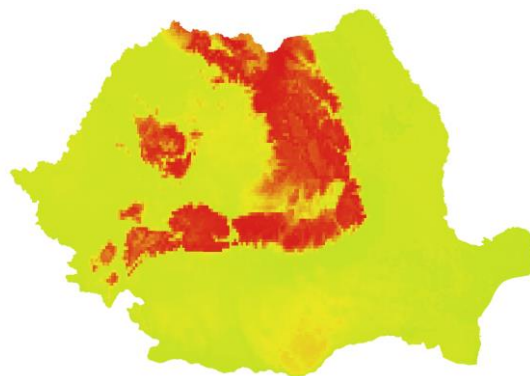


viitor

Vegetație forestieră

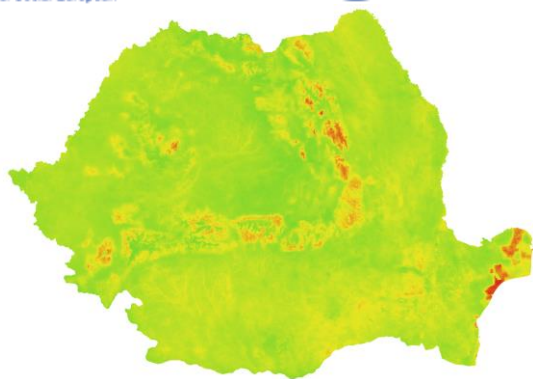


prezent

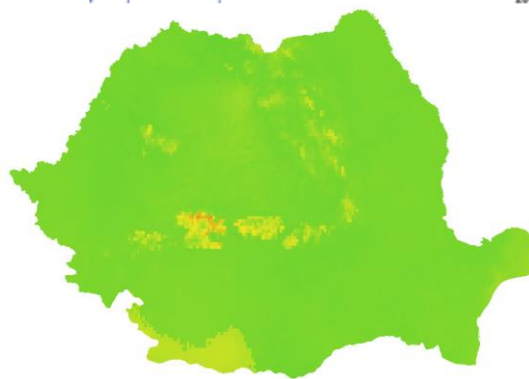


viitor

Pietrișuri și stâncării

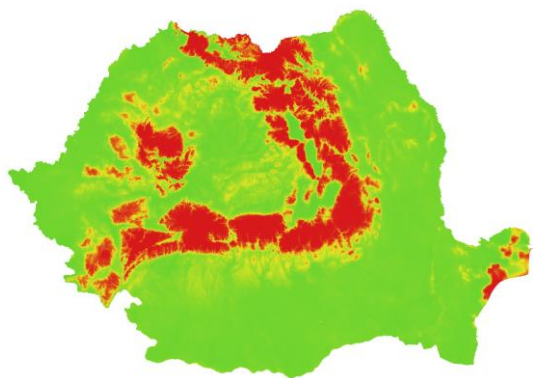


prezent

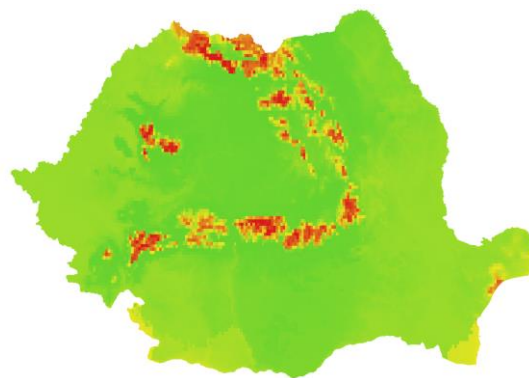


viitor

Pajiști

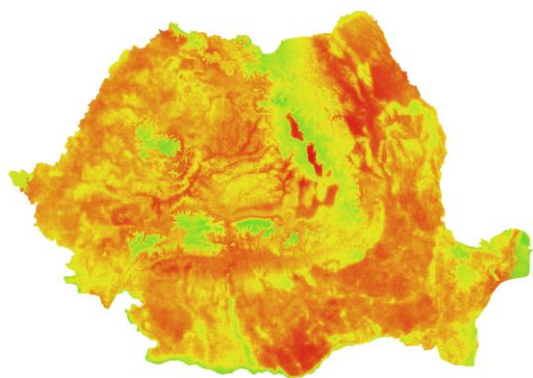


prezent

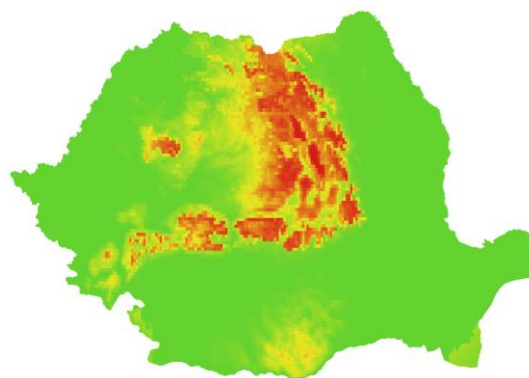


viitor

Terenuri arabile



prezent



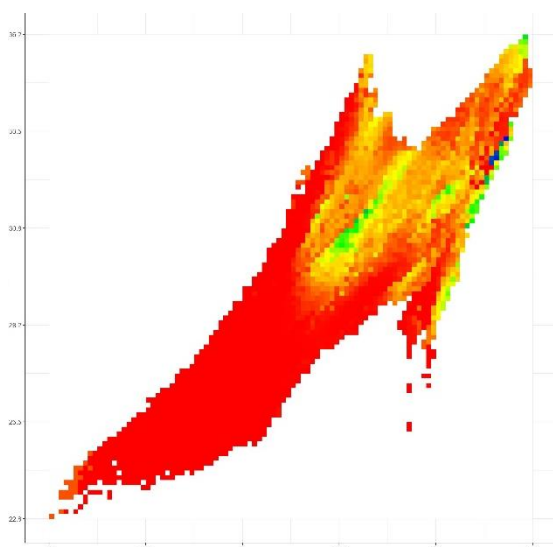
viitor

Tufărișuri

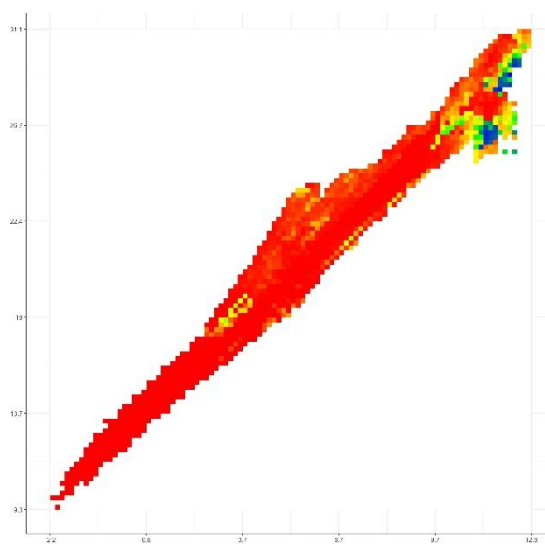
Figura 24. Hărți ale probabilităților de distribuție a diferitelor clase analizate (0%: roșu - 100%: verde)

Nișe climatice specifice claselor analizate

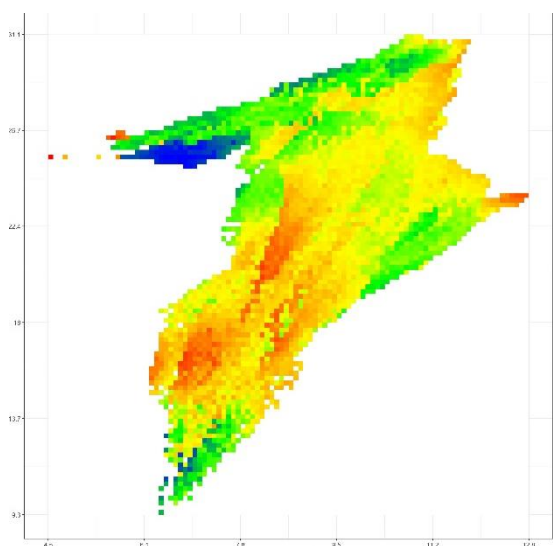
Varițiile dintre situația prezentă și cea modelată, viitoare, sunt explicate prin specificul scenariului climatic în evaluarea perioadei 2080-2100, caracterizat de schimbări semnificative în ponderile variabilelor bioclimatice asociate modelului fiecărei clase, fapt ce a dus la schimbări în relația dintre variabilele bioclimatice influențază modul în care este descrisă spațial nișa potențială a fiecărei clase.



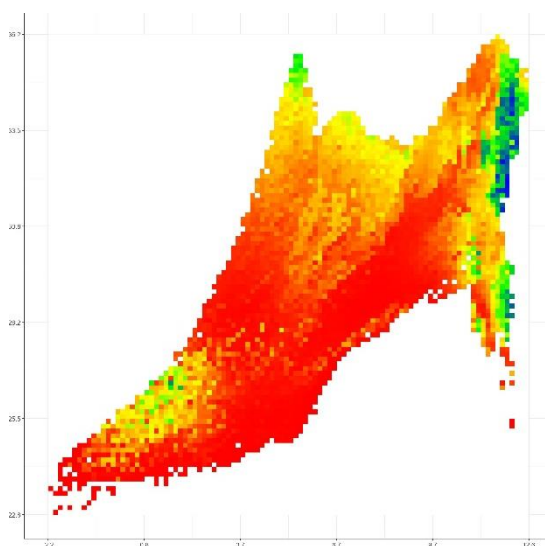
Culturi permanente



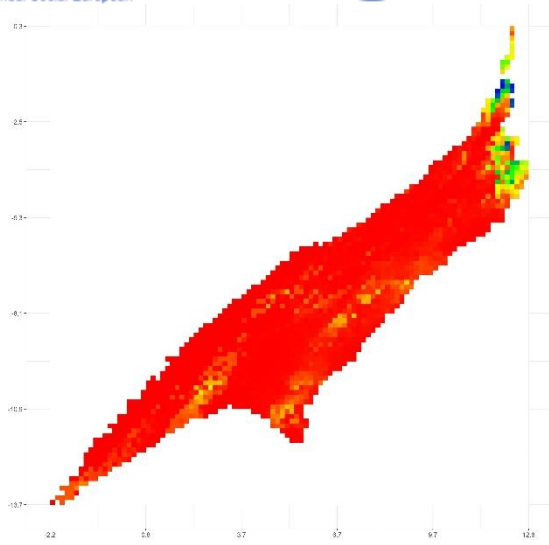
Lacuri



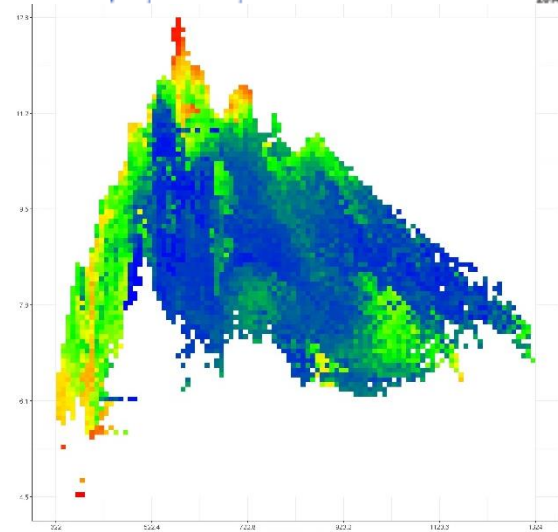
Vegetație de mlaștină



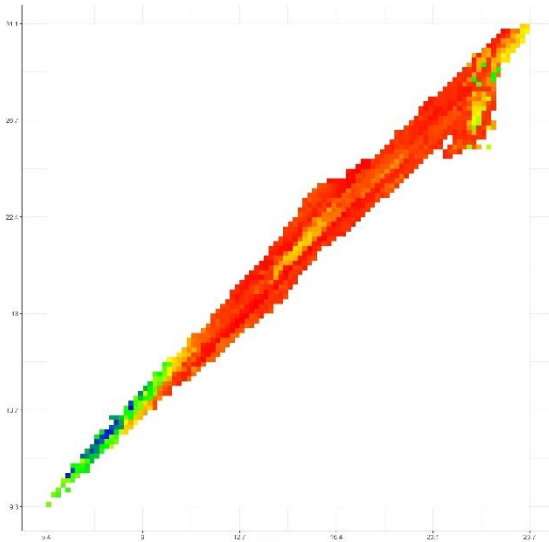
Ape curgătoare



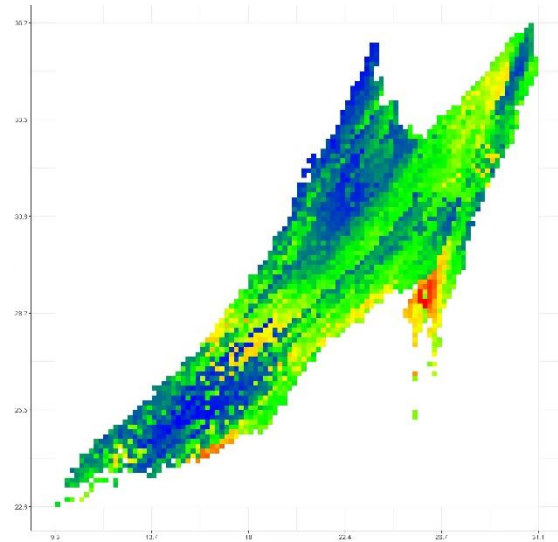
Nisipuri și dune



Vegetație forestieră



Pietrișuri și stâncării



Pajiști

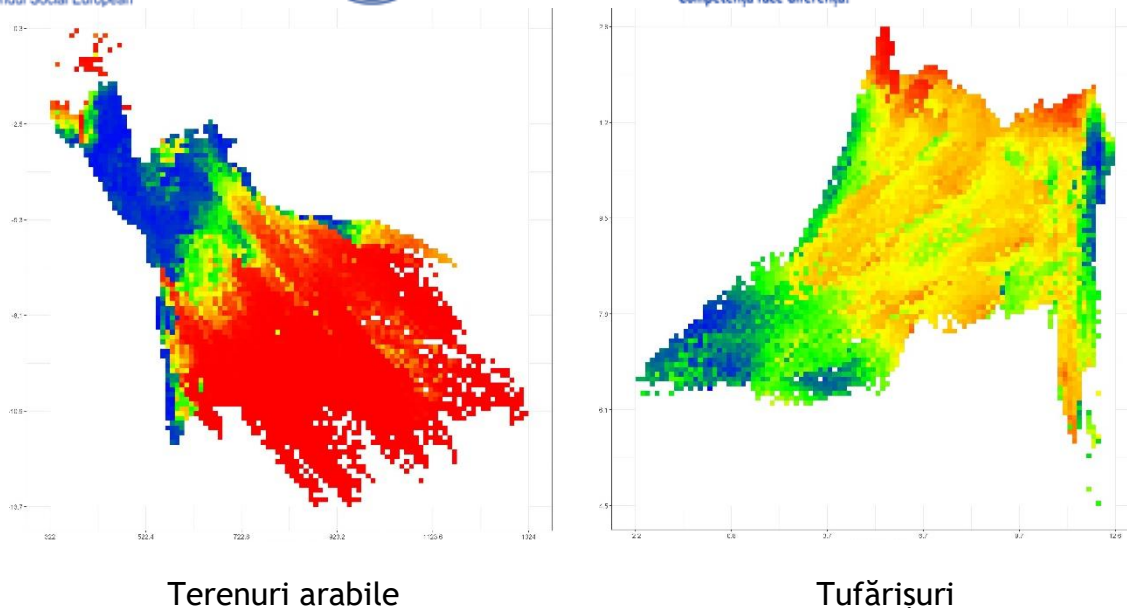


Figura 25. Nișa potențială a claselor analizate exprimată ca relație între primele două variabile bioclimatice (AUC)

(nișa potențială slab probabilă: roșu; nișa potențială probabilă: verde; nișa potențială foarte probabilă: albastru)

Tabele Lookup de asociere folosință teren - servicii ecosistemice

Pentru a evalua capacitățile diferitelor tipuri de acoperire a terenurilor de a furniza servicii ecosistemice, a fost creată o matrice. Pe una dintre axele acestei matrice au fost plasate tipurile de acoperire a terenurilor, iar pe cealaltă serviciile ecosistemice definite anterior. La intersecții, capacitățile diferitelor tipuri de acoperire a terenurilor de a furniza serviciul individual au fost evaluate pe o scară de la 0 la 5.

Tabel. Tabel Lookup

0	nici o capacitate relevantă
1	capacitate relevantă scăzută
2	capacitate relevantă
3	capacitate relevantă medie
4	capacitate relevantă ridicată

5	capacitate relevantă foarte ridicată
---	--------------------------------------

Echivalențele rezultate s-au bazat inițial pe literatura de specialitate, ulterior fiind modificate să reflecte cât mai precis specificul național și serviciile ce pot fi asociate seturilor de date disponibile. Este recomandat ca acestea să fie considerate ipoteze de cercetare ce urmează să fie testate în cadrul altor aplicații de studiu de caz cu ajutorul datelor provenite din teren, modele mai detaliate sau evaluări suplimentare din partea unui portofoliu mai amplu de experți

Tabelul lookup prezintă concentrații de capacități ridicate de furnizare a unei serii de servicii ecosistemice pentru diferitele tipuri de acoperire a terenului cu caracter ridicat de naturalitate (ex. păduri, pajiști permanente). Astfel se validează valorile asociate, prin oglindirea capacității acestora de a susține integritatea ecologică.

Tipurile de acoperire a terenurilor puternic modificate antropic, precum terenurile arabile, au o capacitate scăzută sau chiar inexistentă de a furniza anumite servicii ecosistemice. Prin urmare, apare un model care corespunde cu rezultatele teoretic ipotetizate. Aplicarea în studii de caz va arăta dacă această matrice este aplicabilă în regiuni restrânse, dacă ipotezele pot fi testate cu datele existente și dacă aceste valori proxy vor conduce la modificări. În procesul de maturizare a matricei, întreaga abordare va avea o bază tot mai fundamentată și un caracter din ce în ce mai regional.

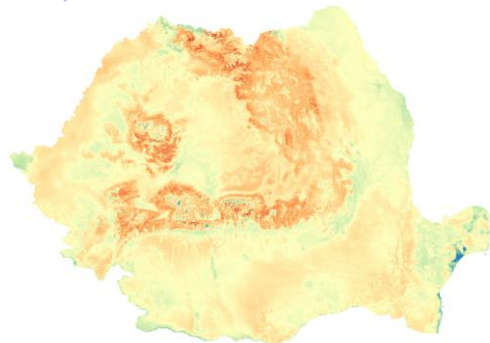
e. Modelarea spațială a serviciilor ecosistemice

Tabelul lookup și modelele de distribuție probabilistică obținute anterior, au reprezentat baza evaluării geo-spațiale a probabilității de îndeplinire a diferitelor servicii ecosistemice.

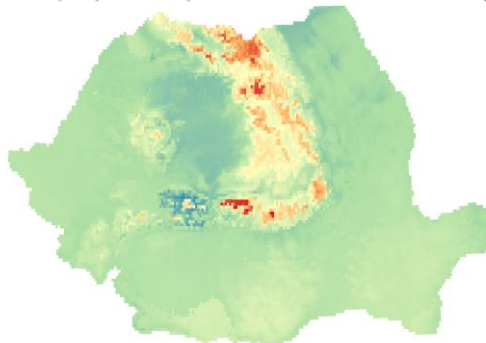
Valorile de probabilitate din intervalul 0-1 folosite în ilustrarea distribuției diferitelor clase de folosință au fost preluate sub formă de ponderi într-un calcul rasterial iterativ aplicat claselor din tabelul lookup. Astfel probabilitatea de îndeplinire a unui serviciu ecosistemic a fost exprimat spațial prin ecuația

$$\frac{\sum_1^n LT_i * pCF_i}{\sum_1^n pCF_i}$$

aplicată la nivel de pixel, unde n este numărul de clase de folosință și pCF este probabilitatea asociată clasei i .

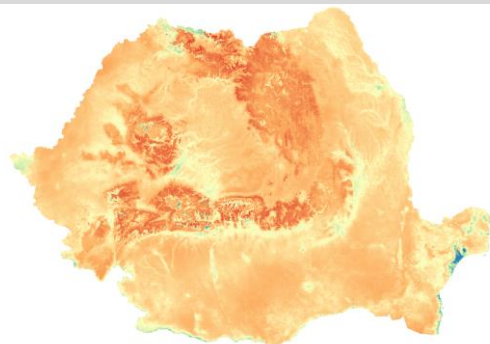


prezent

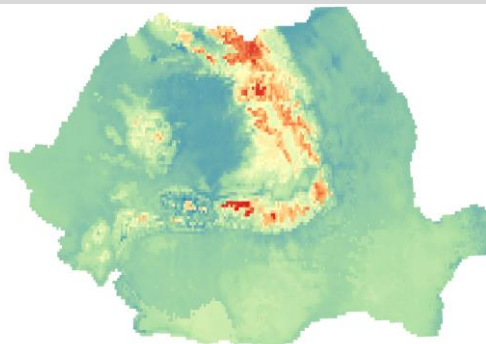


viitor

Regulation functions

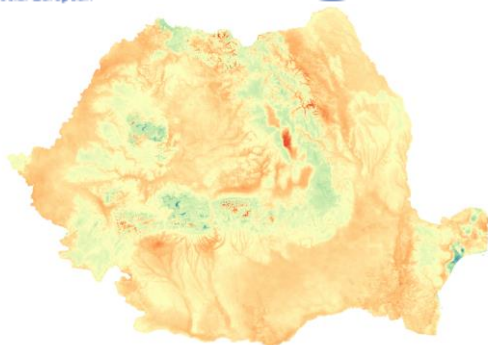


prezent

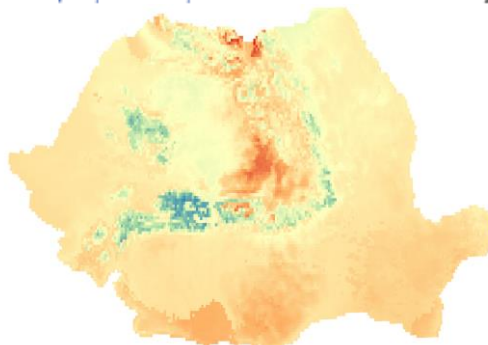


viitor

Gas Regulation

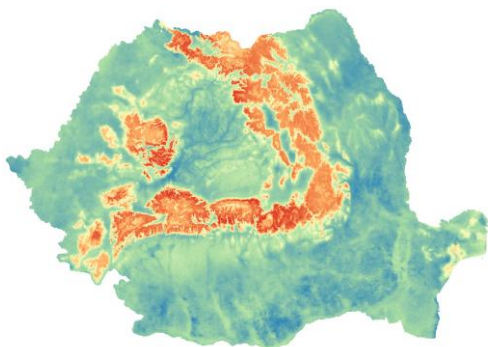


prezent

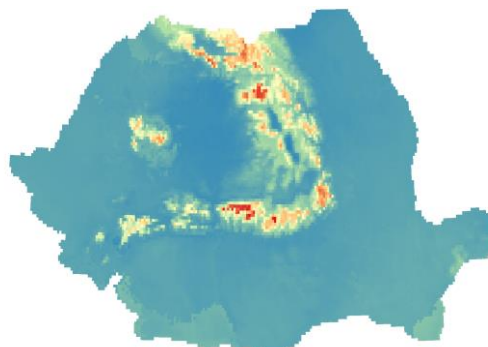


viitor

Climate regulation

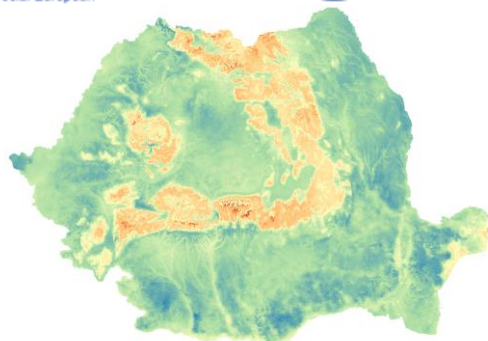


prezent

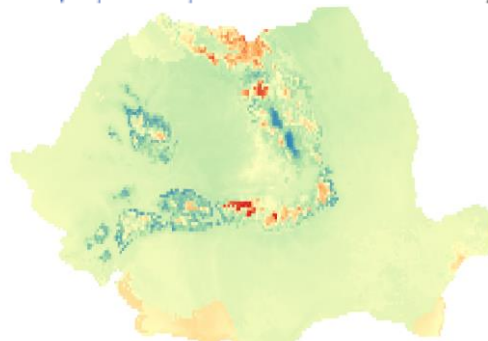


viitor

Disturbance Prevention

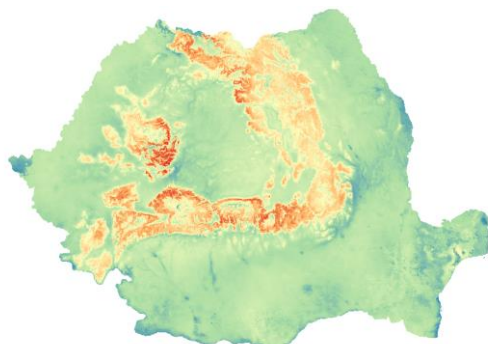


prezent

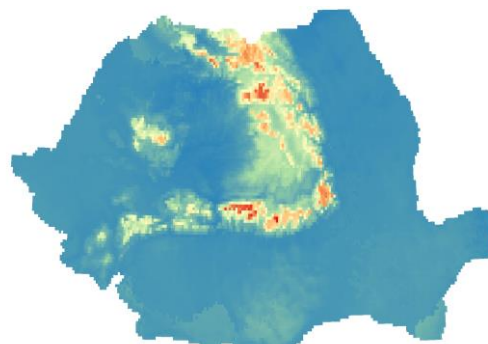


viitor

Water Regulation

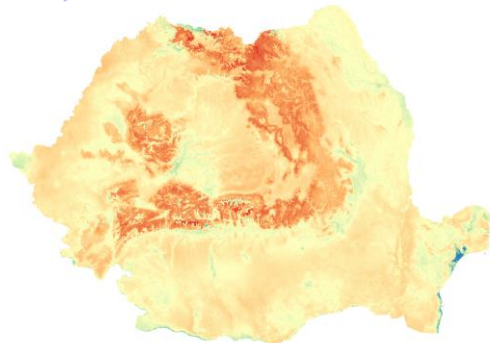


prezent

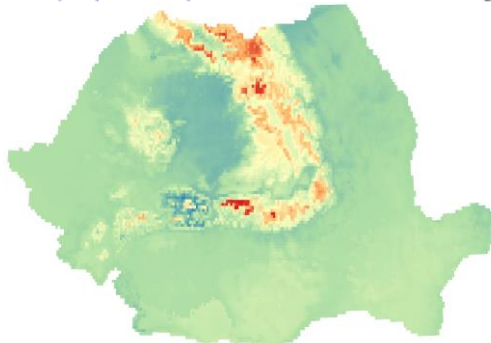


viitor

Water Supply

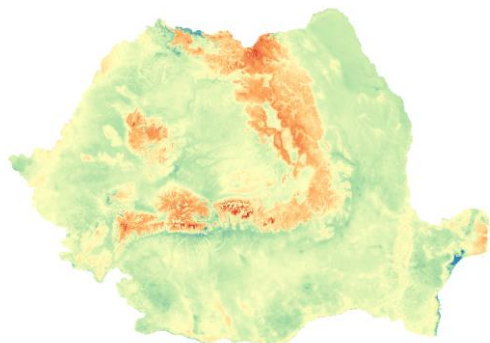


prezent

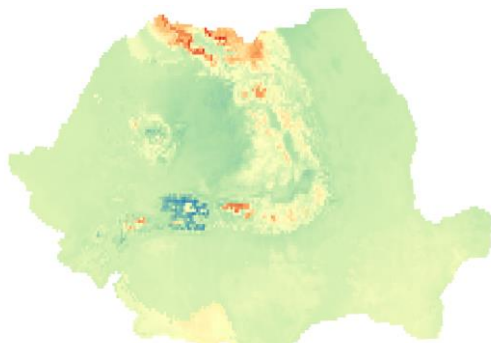


viitor

Soil Retention

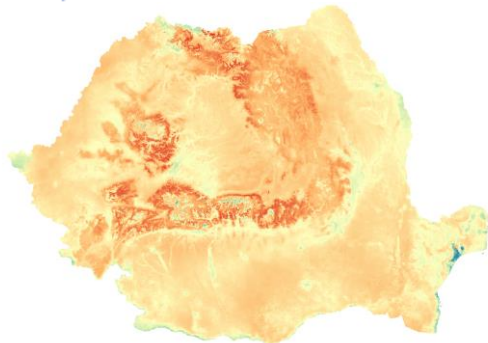


prezent

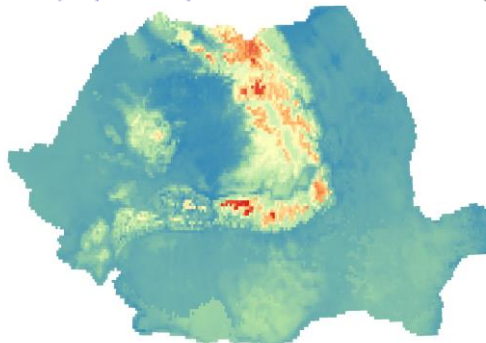


viitor

Soil Formation

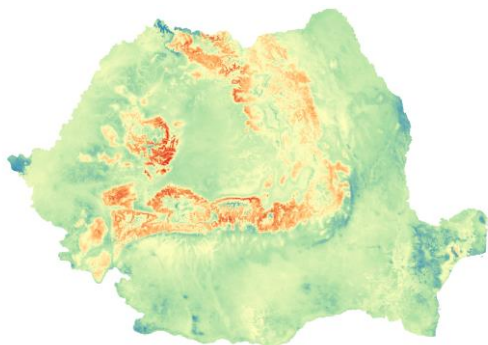


prezent

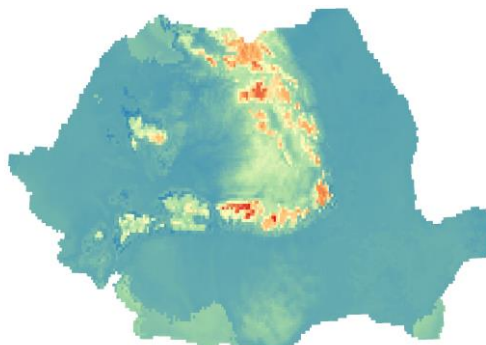


viitor

Nutrient Regulation

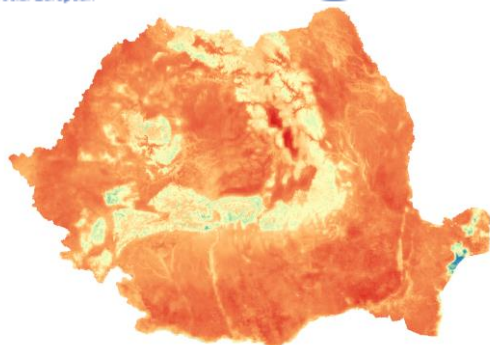


prezent

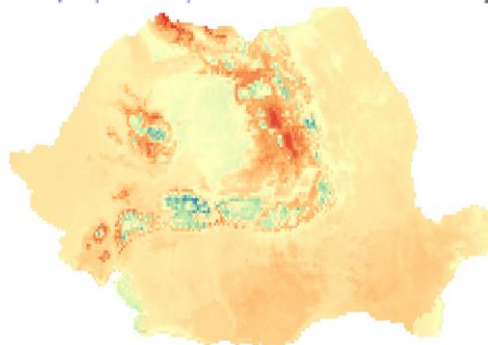


viitor

Waste Treatment

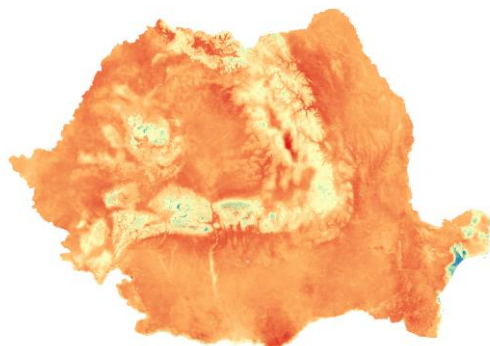


prezent

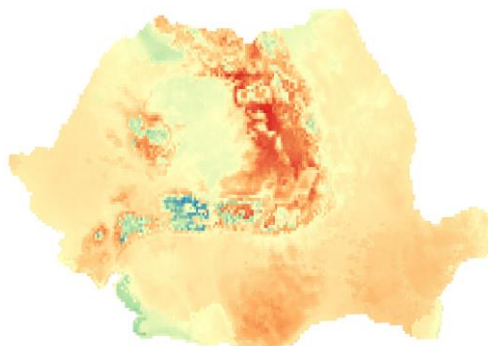


viitor

Pollination

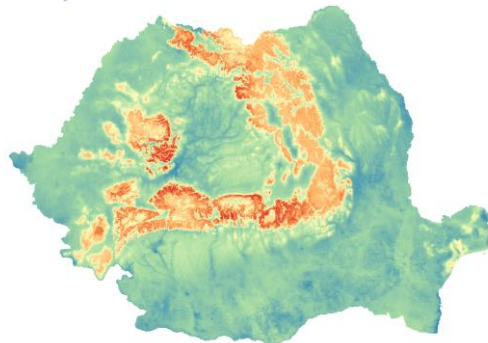


prezent

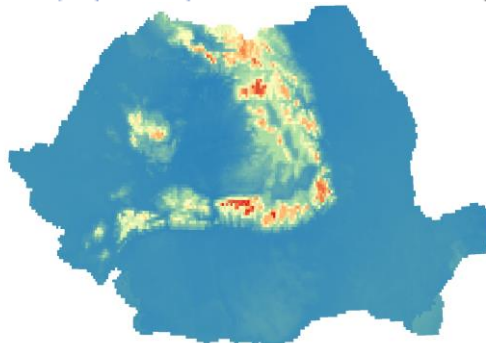


viitor

Biological Control

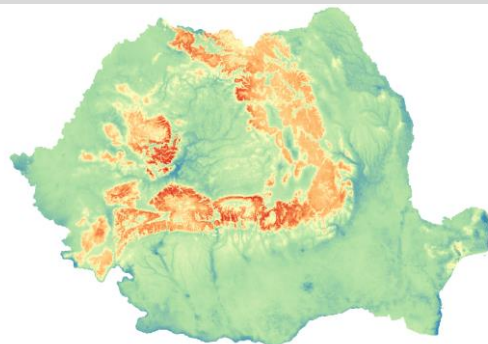


prezent

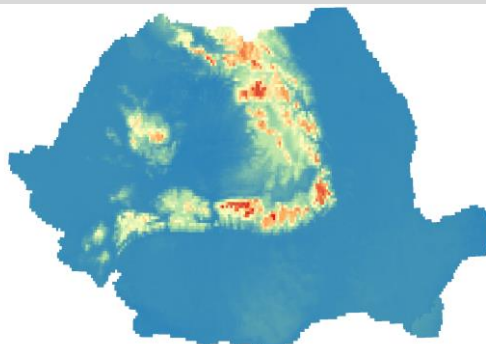


viitor

Habitat Functions

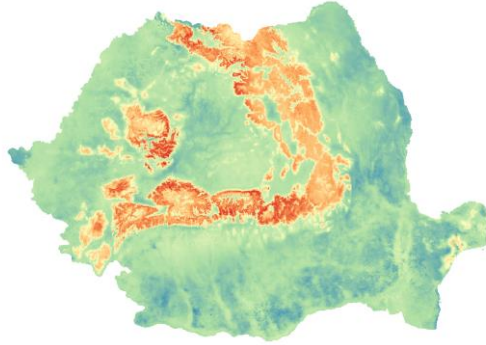


prezent

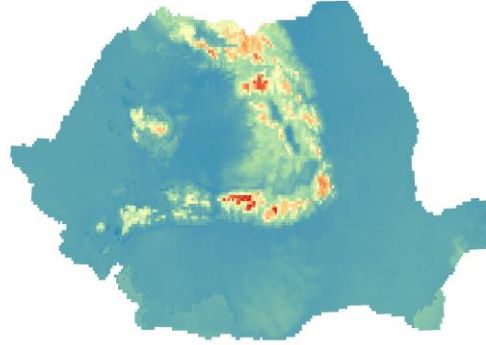


viitor

Refugium Functions

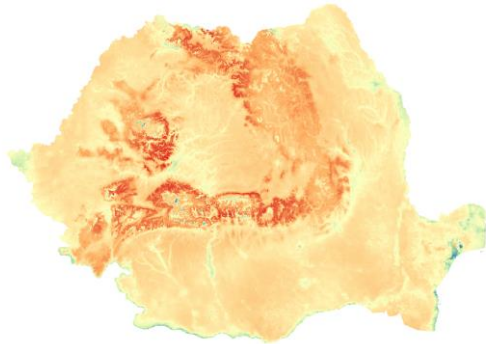


prezent

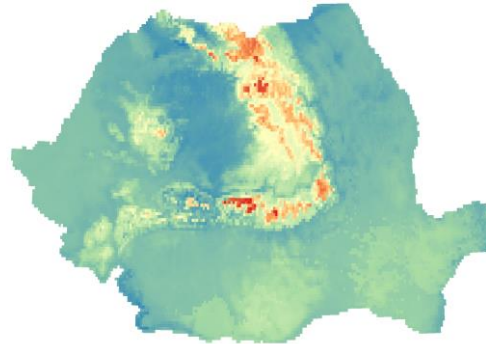


viitor

Nursery Functions

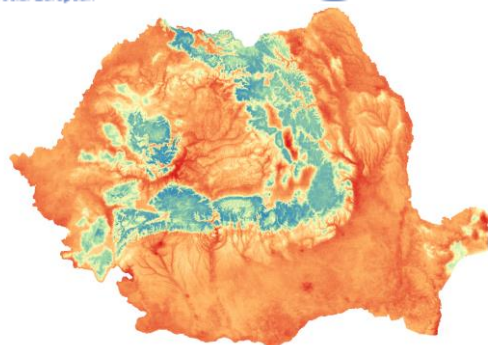


prezent

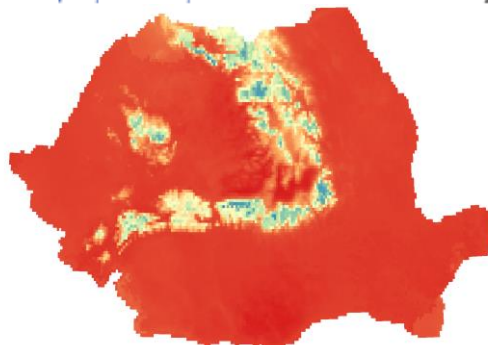


viitor

Production Functions

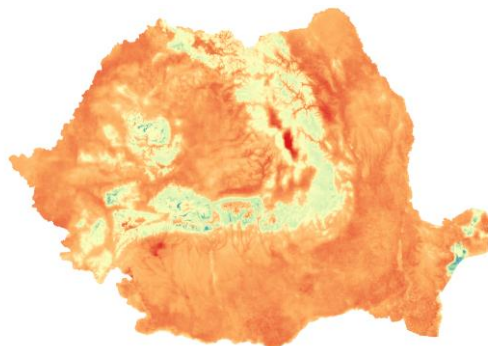


prezent

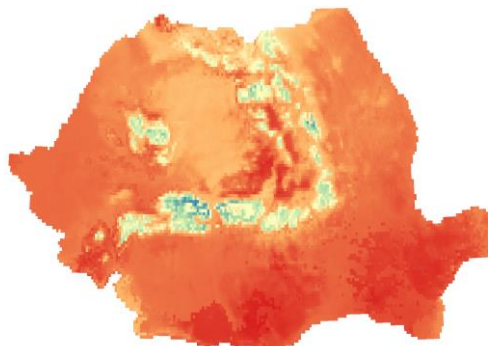


viitor

Food

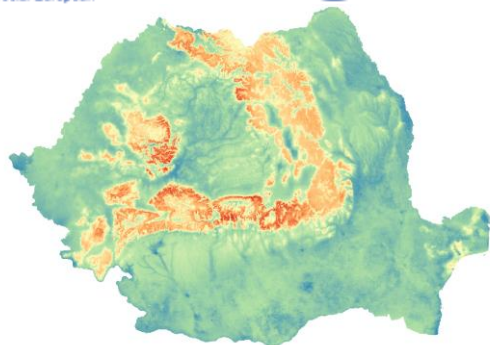


prezent

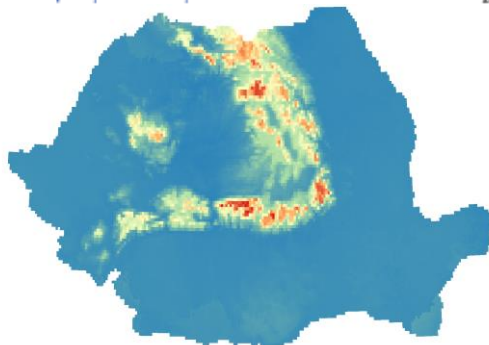


viitor

Raw Materials

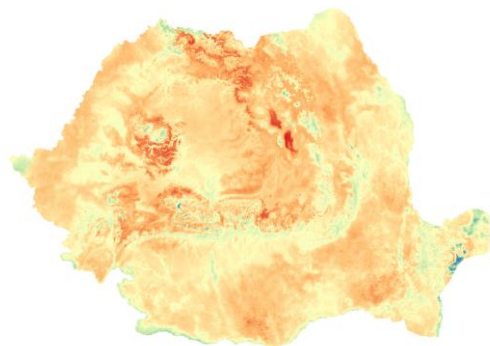


prezent

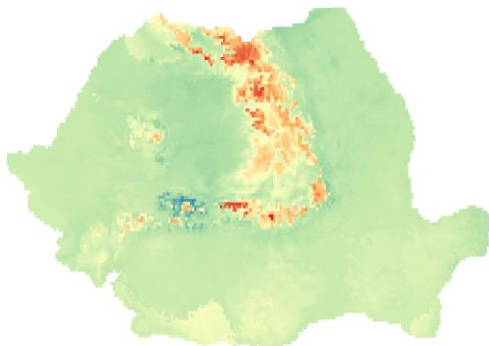


viitor

Genetic Resources

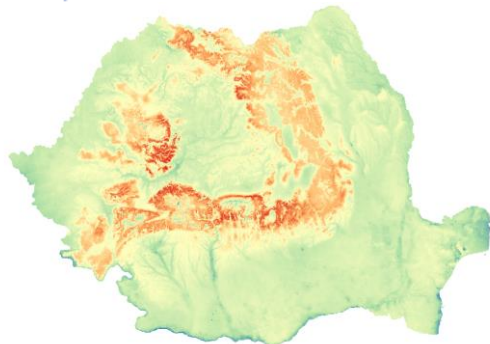


prezent

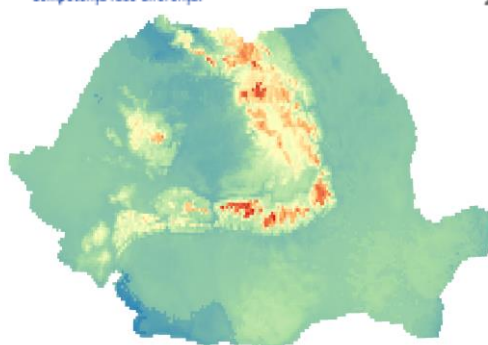


viitor

Medicinal Resources

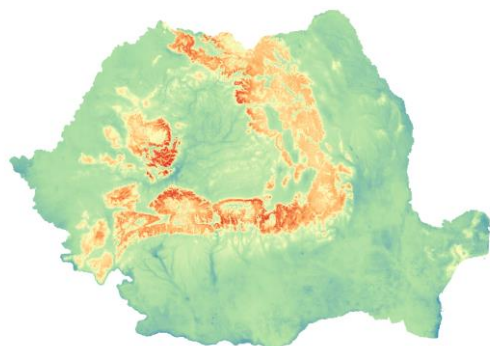


prezent

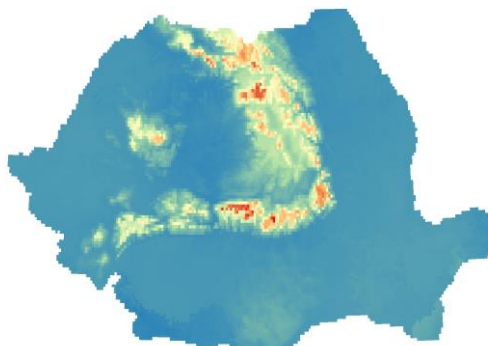


viitor

Ornamental resources

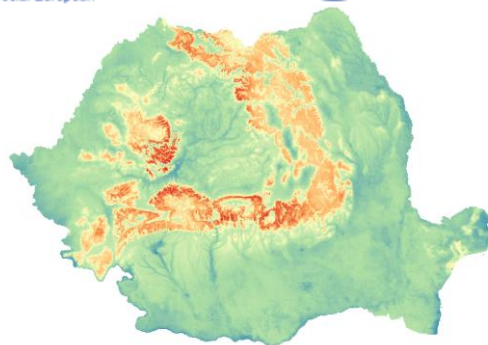


prezent

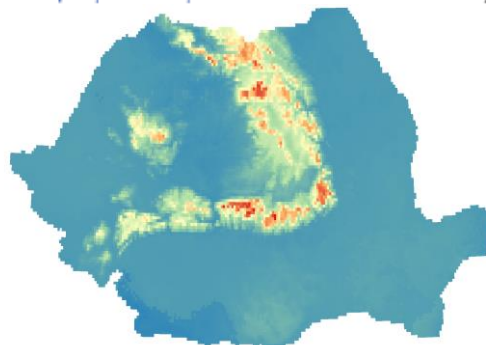


viitor

Information Functions

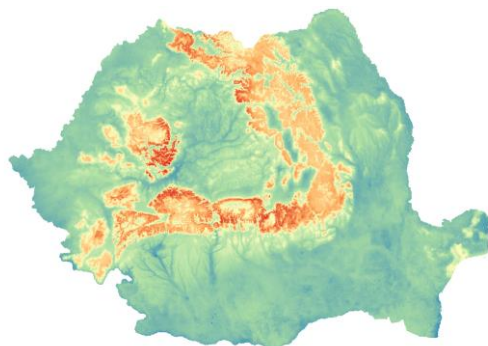


prezent

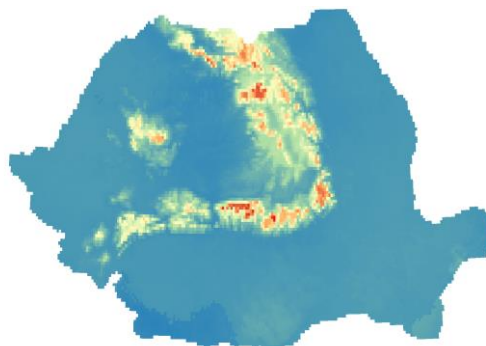


viitor

Aesthetic Information

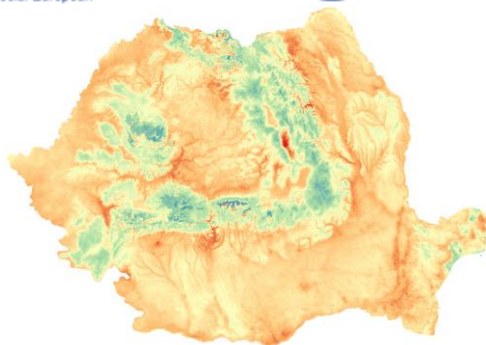


prezent

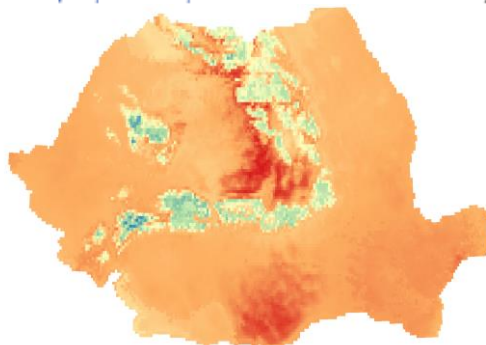


viitor

Recreation

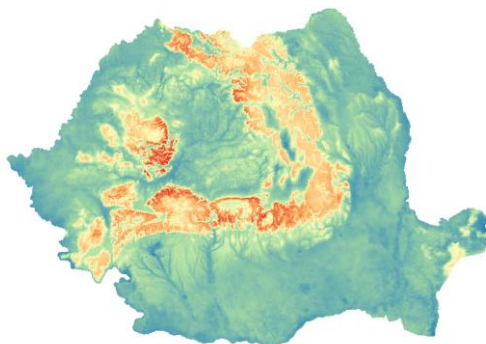


prezent

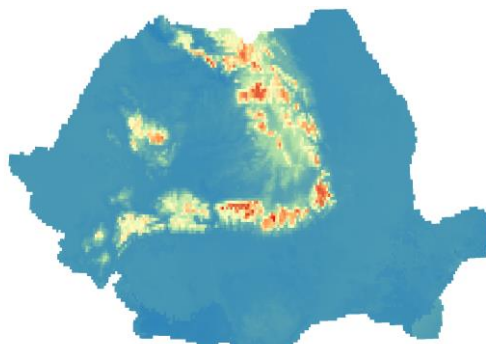


viitor

Cultural and Artistic

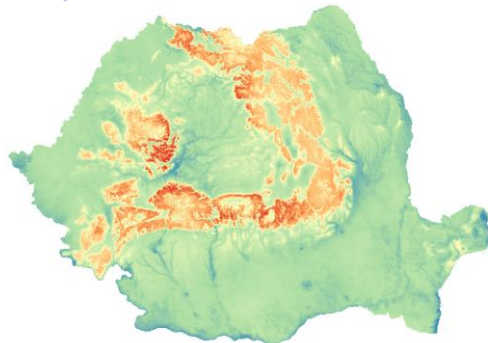


prezent

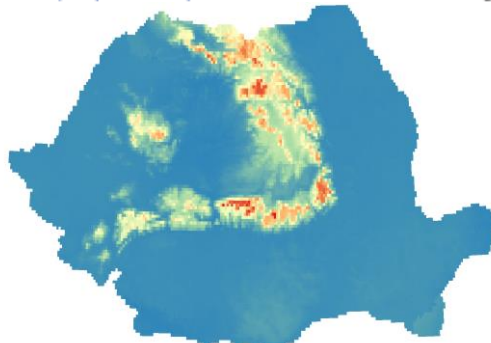


viitor

Spiritual and Historic Information

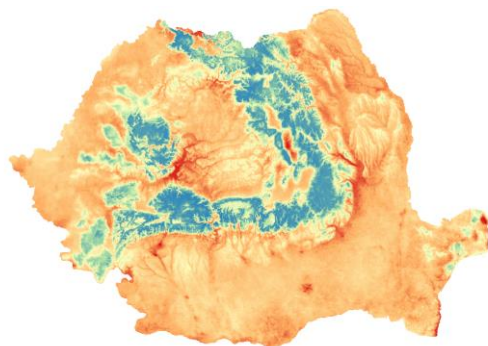


prezent

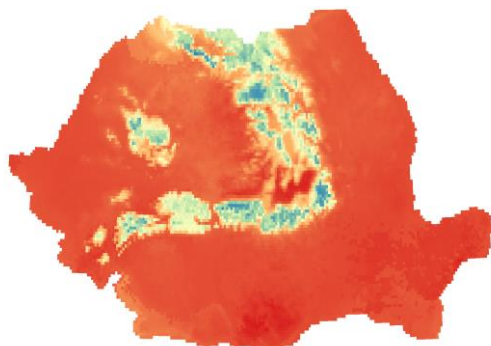


viitor

Science and Education



prezent



viitor

Carrier Functions

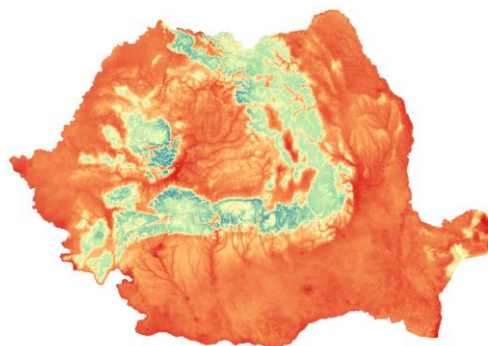


prezent

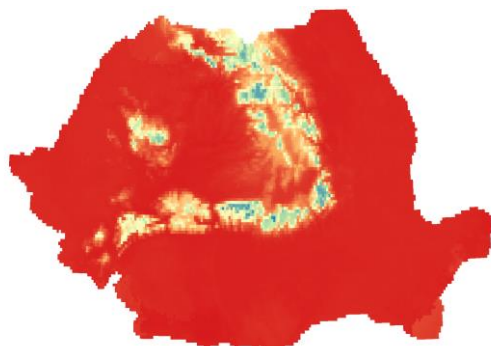


viitor

Habitation

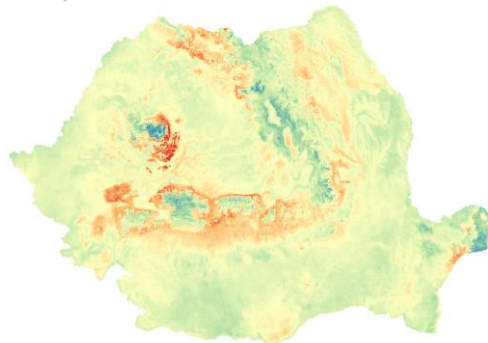


prezent

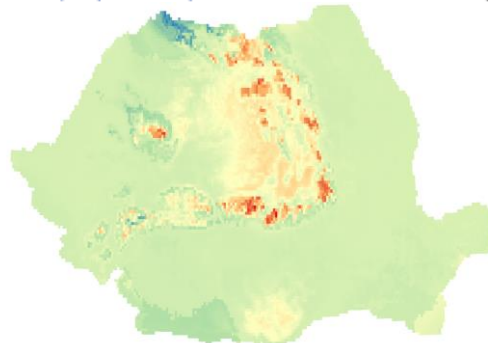


viitor

Cultivation

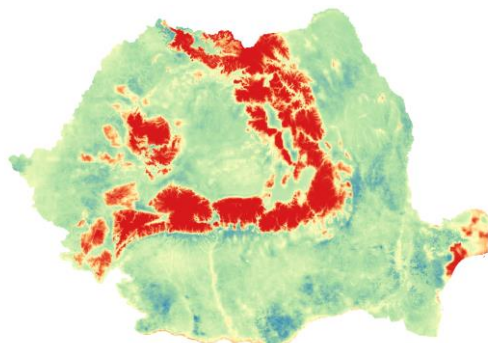


prezent

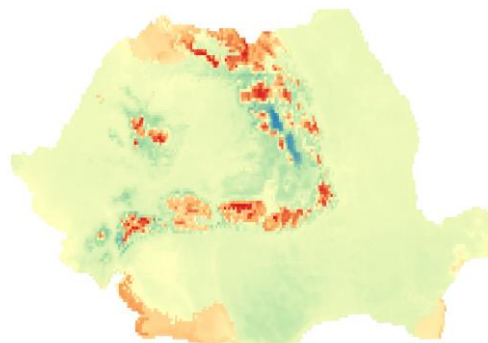


viitor

Energy Conversion



prezent



viitor

Mining

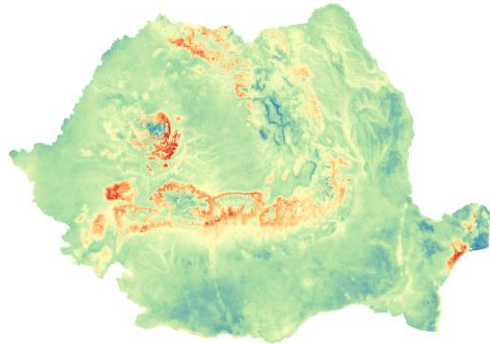


prezent

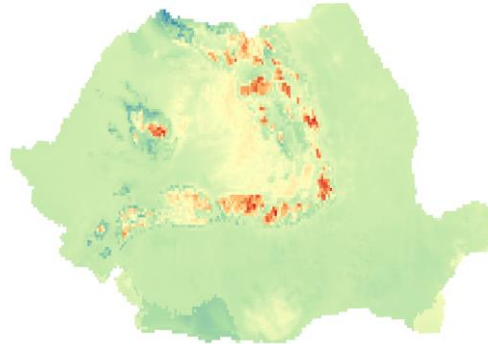


viitor

Waste Disposal

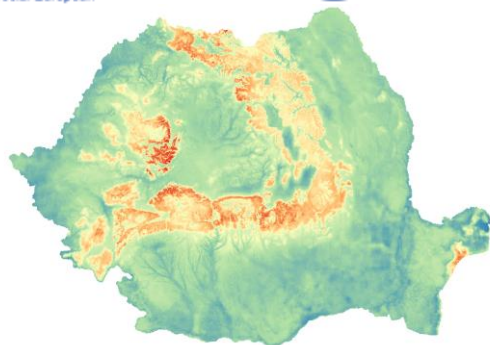


prezent

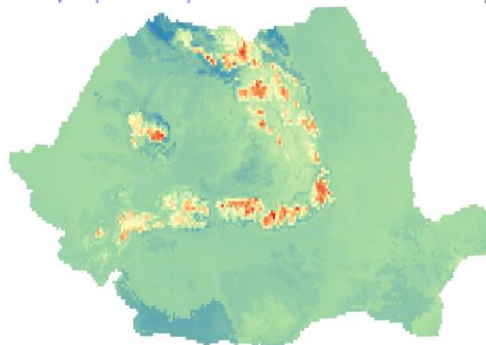


viitor

Transportation



prezent



viitor

Tourism Facilities

Figura 26. Hărți ale probabilităților de îndeplinire a diferitelor servicii ecosistemice (0%: roșu - 100%: verde)

Analiza statistică la nivel național pentru fiecare dintre serviciile ecosistemice studiate, a permis evidențierea tendințelor intra și inter servicii.

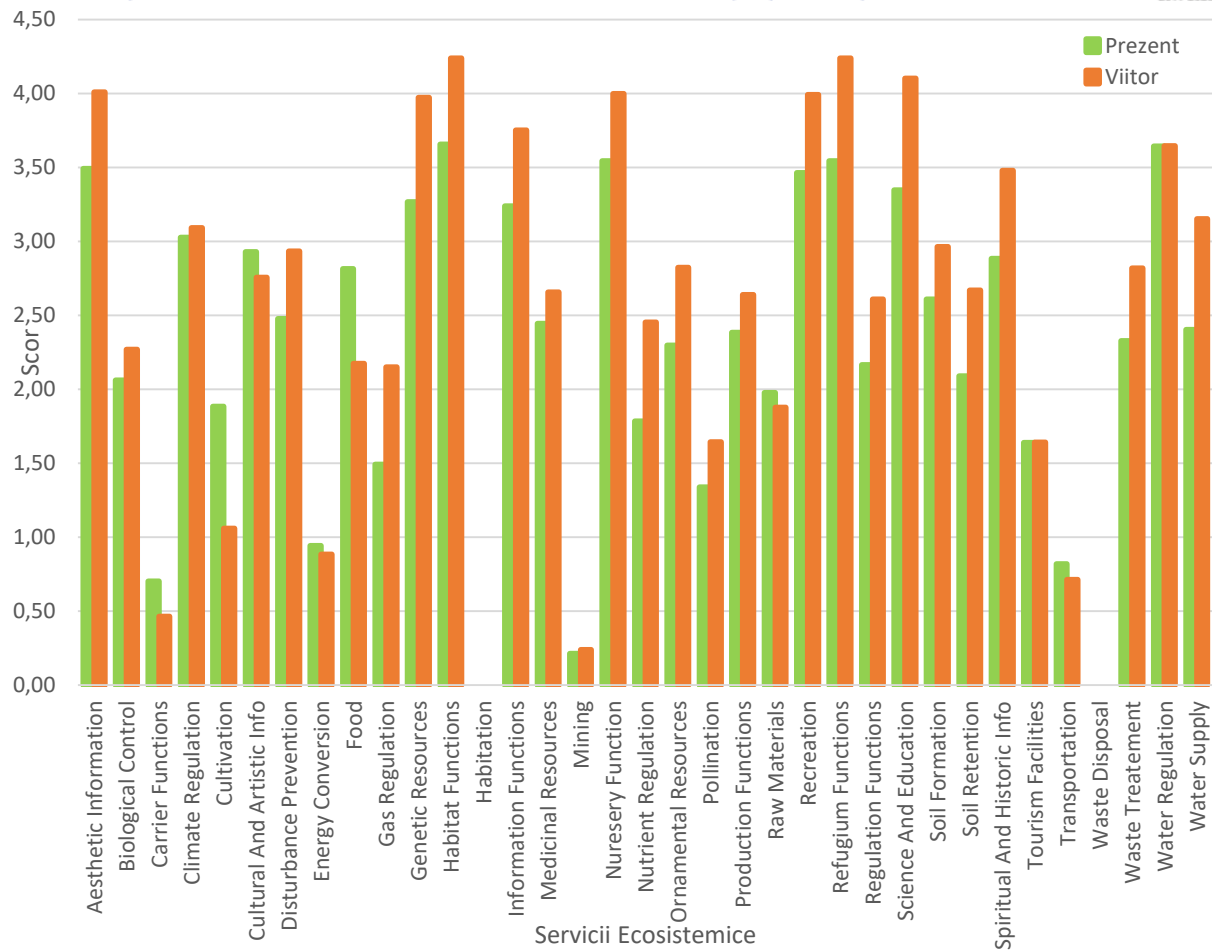


Figura 27. Scoruri medii naționale - reprezentare comparativă prezent vs viito



Tabel 42. Sumar statistic

	Medie			Mediană			Minim			P
	P	V	Δ	P	V	Δ	P	V	Δ	
ReF	2.2	2.6	44% ▲	2.2	2.7	48% ▲	1.6	1.6	3.15% ▲	3.2
GR	1.5	2.2	66% ▲	1.5	2.2	72% ▲	1.0	1.1	3% ▲	2.8
CR	3.0	3.1	7% ▲	3.0	3.1	7% ▲	2.5	2.7	26% ▲	3.7
DP	2.5	2.9	46% ▲	2.6	3.0	36% ▲	1.3	1.2	9% ▼	3.0
WR	3.6	3.6	0% ■	3.7	3.6	7% ▼	2.8	3.0	22% ▲	4.0
WS	2.4	3.2	75% ▲	2.5	3.3	78% ▲	1.1	0.9	18% ▼	3.1
SR	2.1	2.7	58% ▲	2.1	2.7	61% ▲	1.4	1.5	15% ▲	3.5
SF	2.6	3.0	35% ▲	2.6	3.0	33% ▲	1.7	1.9	28% ▲	3.7
NR	1.8	2.5	67% ▲	1.8	2.5	74% ▲	1.2	1.1	6% ▼	3.0
WT	2.3	2.8	49% ▲	2.4	2.9	54% ▲	1.4	1.2	18% ▼	3.0
P	1.3	1.6	30% ▲	1.3	1.6	38% ▲	0.9	1.1	16% ▲	3.0
BC	2.1	2.3	21% ▲	2.0	2.3	26% ▲	1.7	1.8	10% ▲	3.3
HF	3.7	4.2	58% ▲	3.8	4.4	54% ▲	2.4	2.3	9% ▼	4.2
RF	3.5	4.2	69% ▲	3.7	4.4	70% ▲	2.4	2.4	4% ▼	4.2
NF	3.5	4.0	45% ▲	3.7	4.1	41% ▲	2.4	2.2	18% ▼	4.1
PF	2.4	2.6	26% ▲	2.4	2.7	28% ▲	2.1	2.1	4% ▼	2.9
F	2.8	2.2	64% ▼	2.6	2.0	56% ▼	2.0	1.9	7% ▼	4.2
RM	2.0	1.9	10% ▼	1.9	1.8	8% ▼	1.4	1.6	17% ▲	3.1

	Medie			Mediană			Minim			P
	P	V	Δ	P	V	Δ	P	V	Δ	
GeR	3.3	4.0	71%▲	3.4	4.1	68%▲	1.8	1.9	3%▲	4.0
MR	2.4	2.7	21%▲	2.4	2.7	23%▲	2.1	2.1	1%▼	3.0
OR	2.3	2.8	53%▲	2.4	2.9	55%▲	1.4	1.3	6%▼	3.0
IF	3.2	3.8	51%▲	3.4	3.9	48%▲	2.0	1.9	13%▼	3.9
AI	3.5	4.0	52%▲	3.6	4.1	50%▲	2.4	2.4	6%▼	4.1
R	3.5	4.0	53%▲	3.6	4.1	46%▲	2.0	1.9	10%▼	4.1
CA	2.9	2.8	17%▼	2.9	2.7	16%▼	2.4	2.5	7%▲	3.6
SH	2.9	3.5	60%▲	3.1	3.6	52%▲	1.1	1.1	3%▼	3.7
SE	3.3	4.1	75%▲	3.5	4.3	76%▲	2.0	1.9	7%▼	4.1
CF	0.7	0.5	24%▼	0.7	0.4	24%▼	0.4	0.4	7%▼	1.0
H	0.0	0.0	0%■	0.0	0.0	0%■	0.0	0.0	0%■	0.0
C	1.9	1.1	82%▼	1.6	0.9	75%▼	0.9	0.8	12%▼	3.9
EC	0.9	0.9	6%▼	1.0	0.9	4%▼	0.3	0.2	13%▼	1.5
M	0.2	0.2	3%▲	0.3	0.2	1%▼	0.0	0.0	0%■	0.4
WD	0.0	0.0	0%■	0.0	0.0	0%■	0.0	0.0	0%■	0.0
T	0.8	0.7	11%▼	0.8	0.7	11%▼	0.2	0.1	10%▼	1.1
TF	1.6	1.6	0%■	1.7	1.7	5%▼	0.8	0.8	2%▼	2.0

AI - Aesthetic Information; BC - Biological Control; CF - Carrier Functions; CR - Climate Regulation; C - Cultivation; CA - Cultural And Artistic Info; DP - Disturbance Prevention; EC - Energy Conversion; F - Food; GR - Gas Regulation; GeR - Genetic Resources; HF -



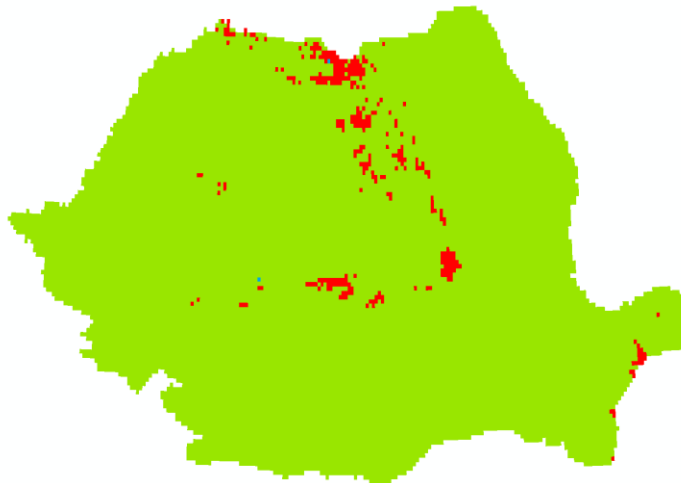
Habitat Functions; H - Habitation; IF - Information Functions; MR - Medicinal Resources; M- -Mining; NF - Nuresery Function; NR - Nutrient Regulation; OR - Ornamental Resources; P - Pollination; PF - Production Functions; RM - Raw Materials; R - Recreation; RF - Refugium Functions; ReF - Regulation Functions; SE - Science And Education; SF - Soil Formation; SR - Soil Retention; SH - Spiritual And Historic Info; TF - Tourism Facilities; T - Transportation; WD - Waste Disposal; WT - Waste Treatement; WR - Water Regulation; WS - Water Supply

f. Detectarea schimbărilor

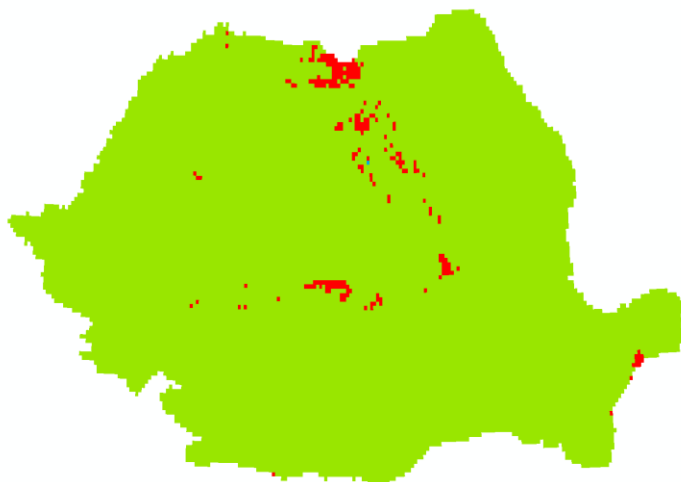
Clasificarea și detectarea modificărilor sunt printre cele mai importante tehnici de analiză spațială. Detectarea schimbărilor examinează modificările caracteristicilor unei regiuni în timp, pentru a determina procesele care duc la schimbări în utilizarea sau acoperirea terenurilor.

Metoda algebrică de detectare a modificărilor necesită o multitudine de calcule. Caracteristicile datelor de intrare sunt manipulate pentru a obține un nou set de date care să prezinte exclusiv valorile de schimbare. Cel mai simplu exemplu este diferența a două imagini. Acest proces are sens doar dacă datele originale sunt similare în ceea ce privește caracteristicile lor spațiale și valorile înregistrate, caz în care această metodă evidențiază schimbările fără a avea nevoie de cunoștințe prealabile.

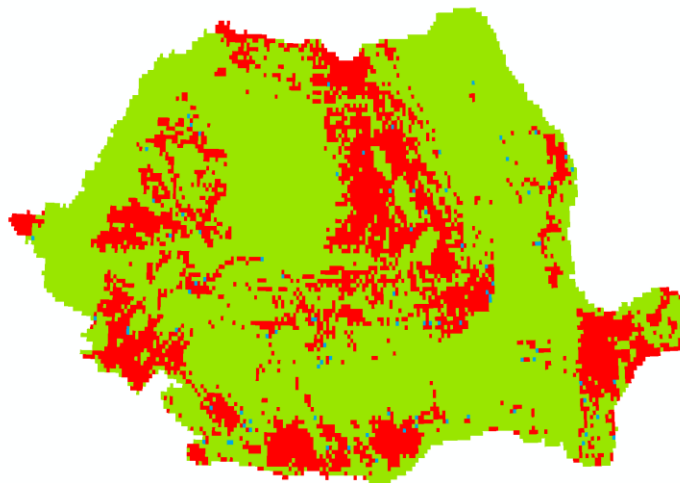
Detectarea modificărilor post clasificare reprezintă analiza modificărilor folosind două seturi de date clasificate anterior. Similar metodei menționate mai sus, datele sunt reduse una din cealaltă astfel schimbările devenind evidente. Spre deosebire de algebra rasterială, în acest caz se poate analiza ce clasă s-a schimbat, în ce sens și cu ce amplitudine. Rezultatul poate fi interpretat cu ușurință, cu condiția ca seturile de date originale să fie corespunzător clasificate. Datele originale nu sunt conținute în imaginea clasificată și nu pot fi derivate din aceasta, prin urmare, nu pot fi luate în considerare în timpul procesului de detectare a modificărilor. Astfel, detectarea modificărilor post clasificare depinde de acuratețea clasificării. Acesta este motivul pentru care s-a optat pentru detectarea schimbărilor temporale prin compararea algebrică a rasterelor de distribuție a serviciilor ecosistemice calculate la cele două momente diferite. Utilizarea rasterelor normalizate au oferit rezultate mai precise în ceea ce privește detectarea schimbărilor decât ar fi putut face datele brute privind distribuția diferitelor clase de folosință.



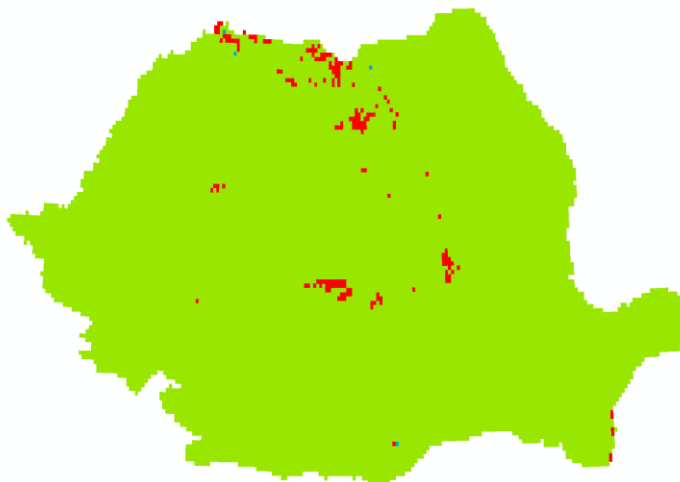
Regulation functions



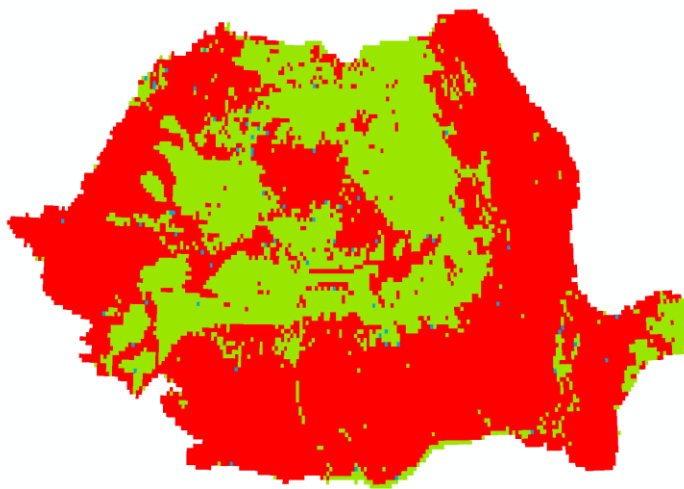
Gas Regulation



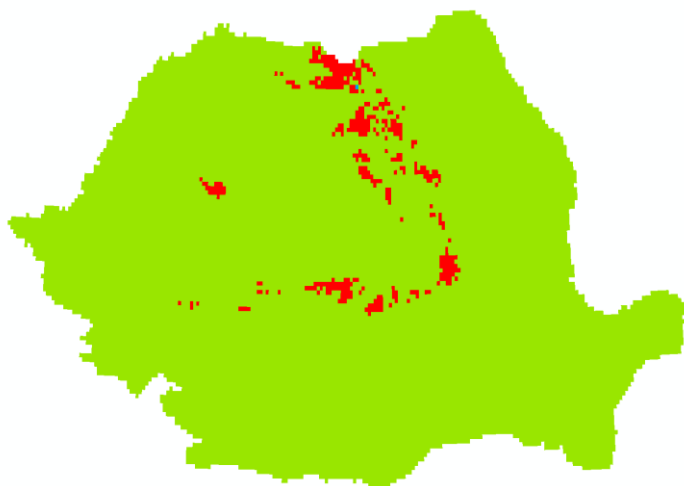
Climate regulation



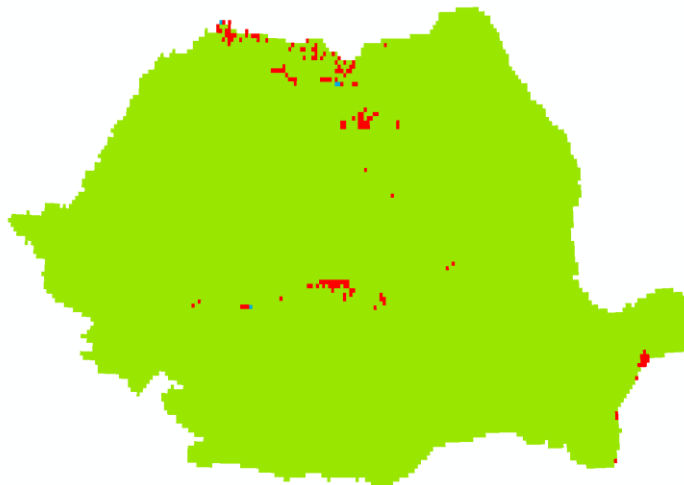
Disturbance Prevention



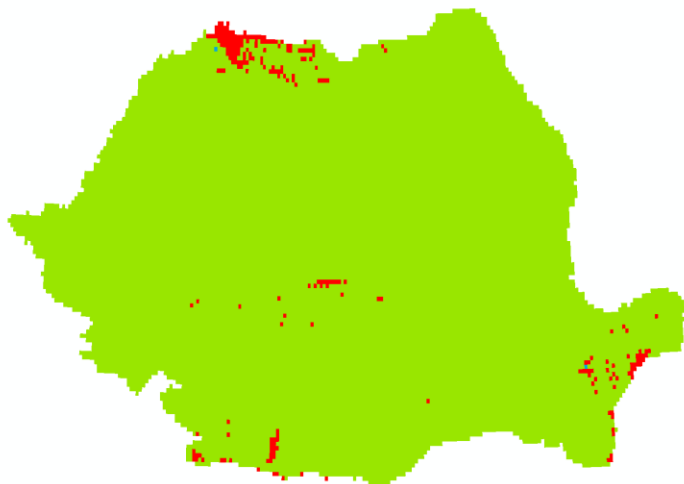
Water Regulation



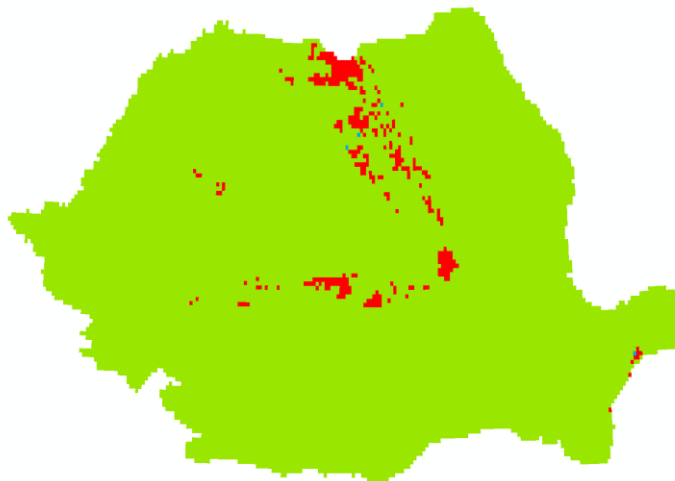
Water Supply



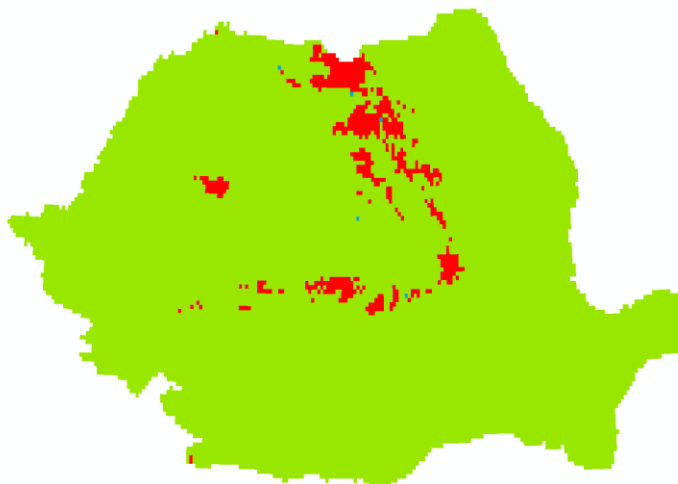
Soil Retention



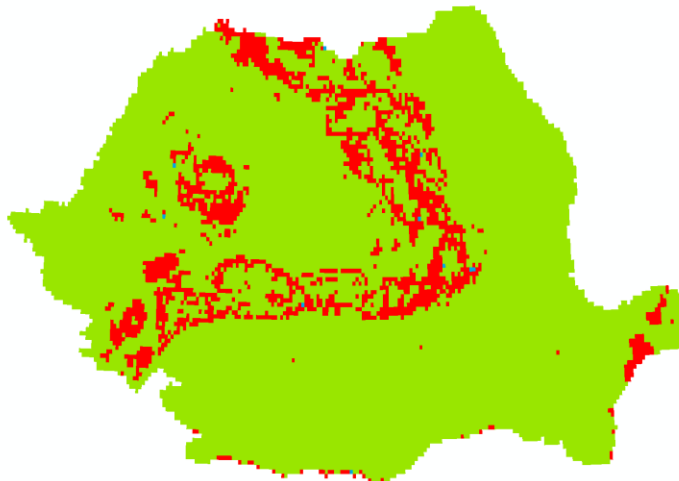
Soil Formation



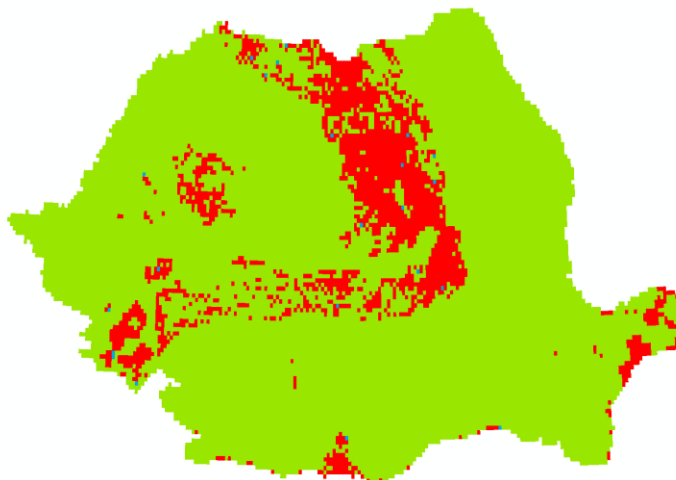
Nutrient Regulation



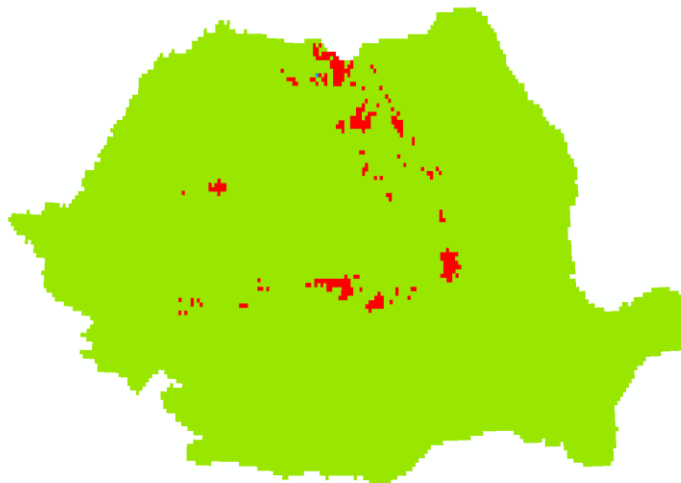
Waste Treatment



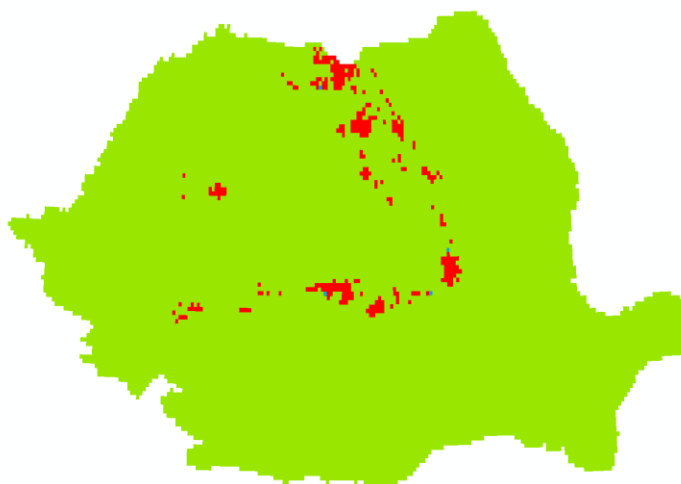
Pollination



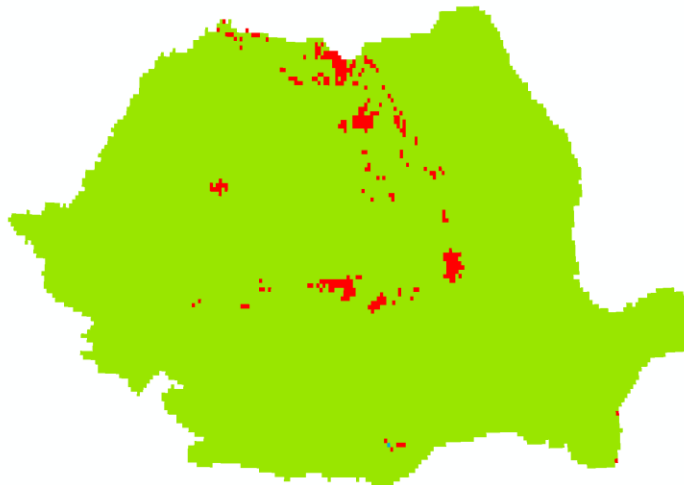
Biological Control



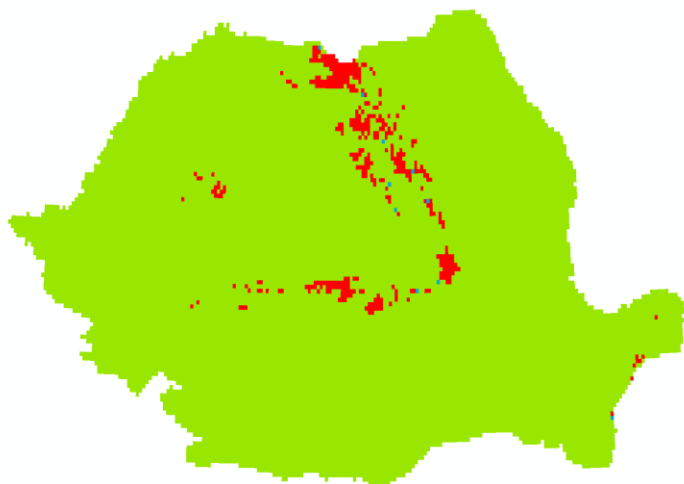
Habitat Functions



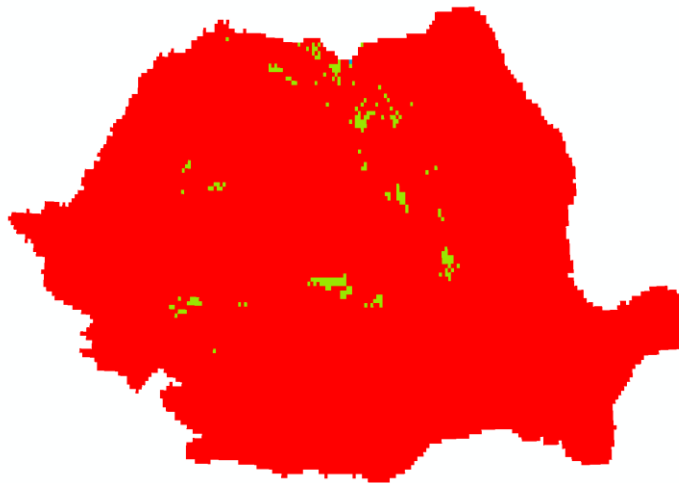
Refugium Functions



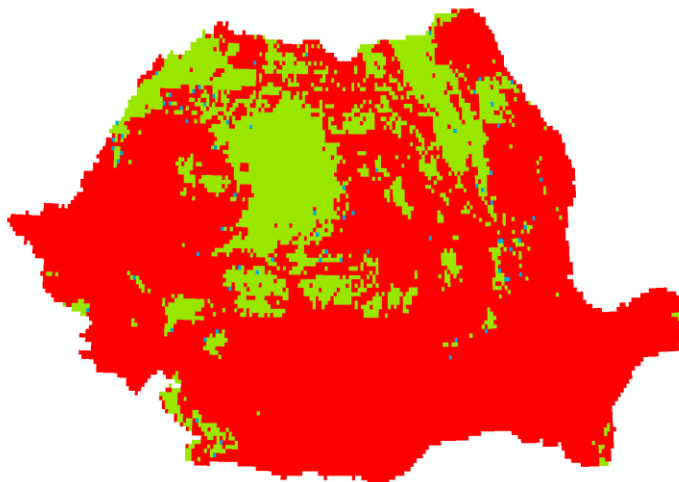
Nursery Functions



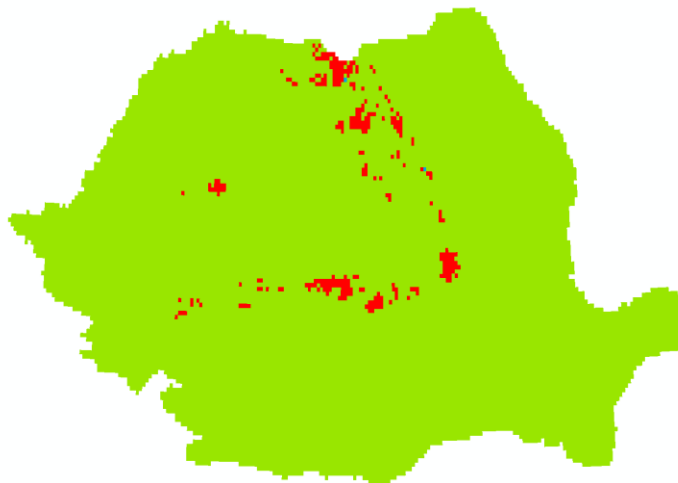
Production Functions



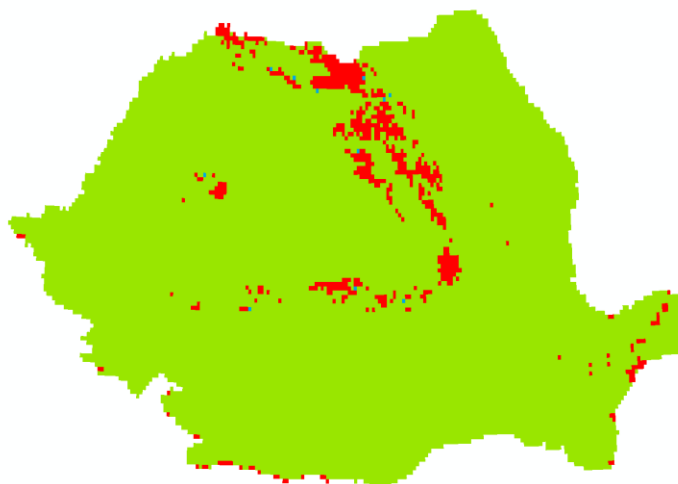
Food



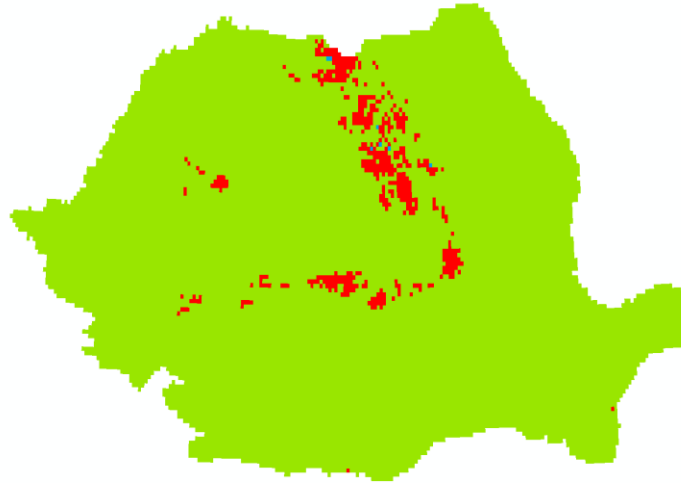
Raw Materials



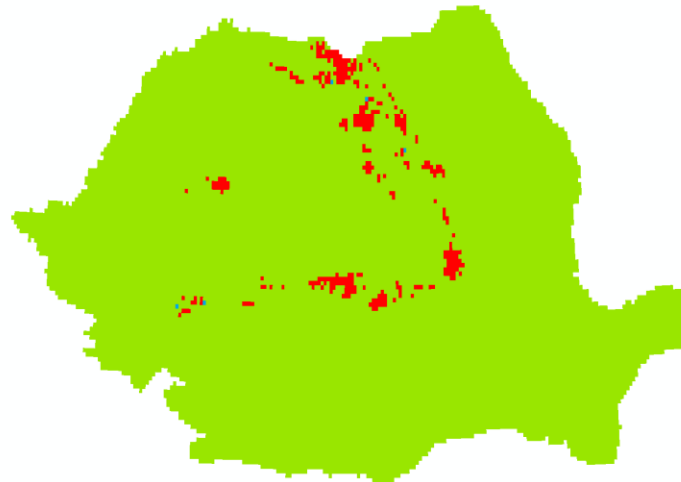
Genetic Resources



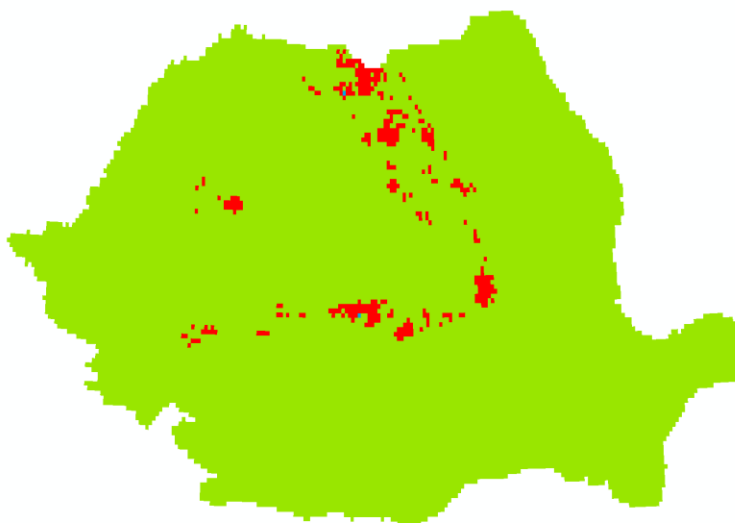
Medicinal Resources



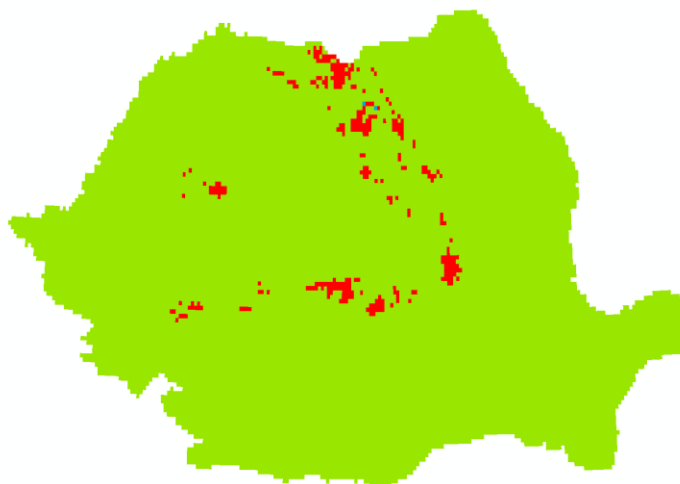
Ornamental resources



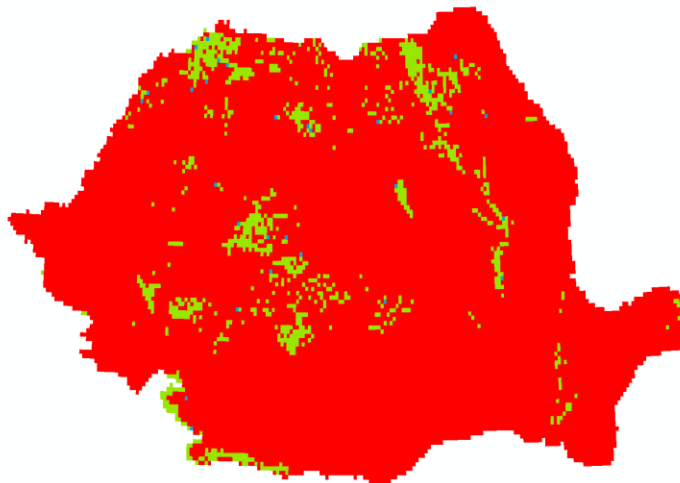
Information Functions



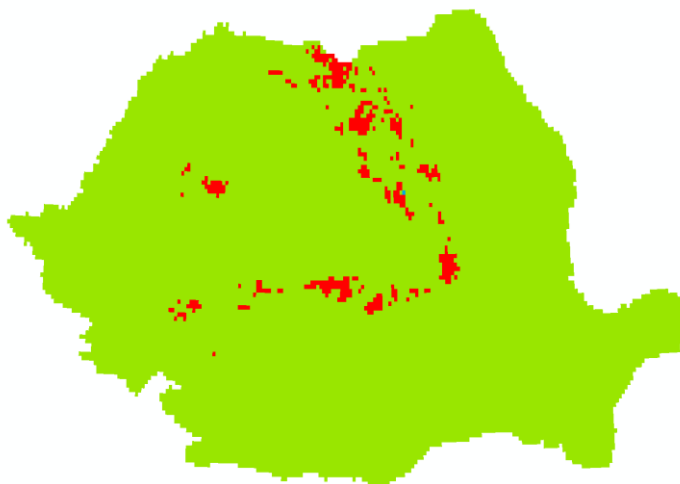
Aesthetic Information



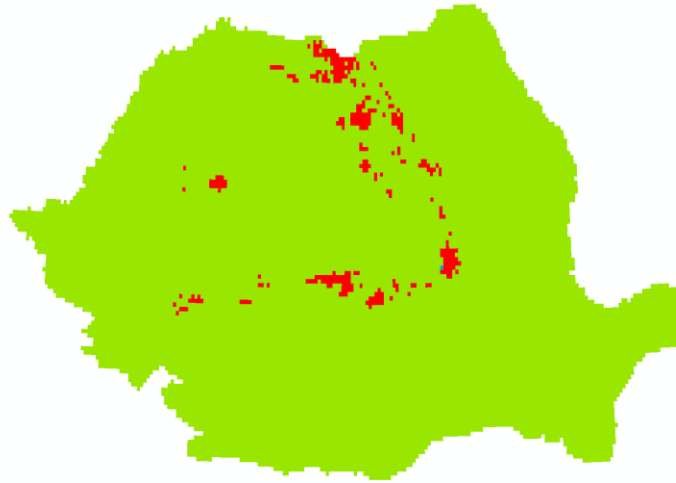
Recreation



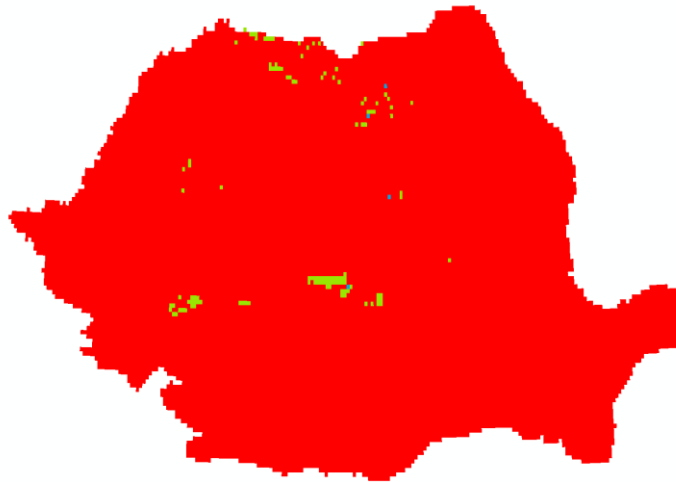
Cultural and Artistic



Spiritual and Historic Information



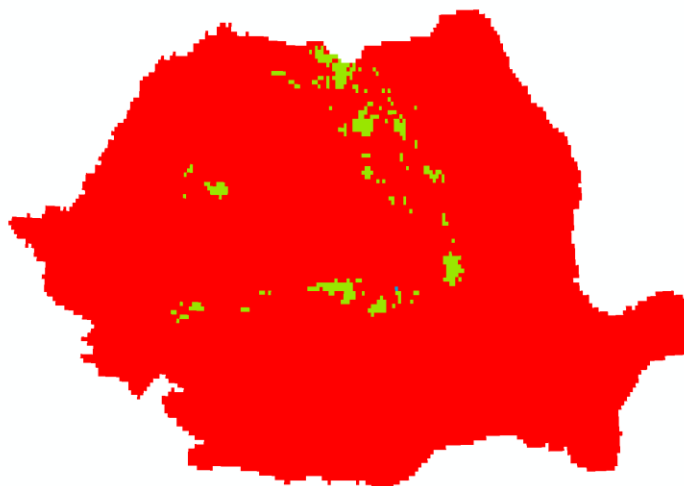
Science and Education



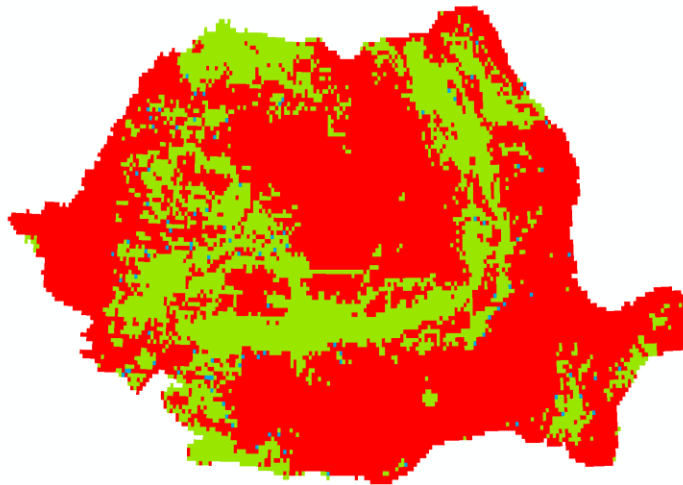
Carrier Functions



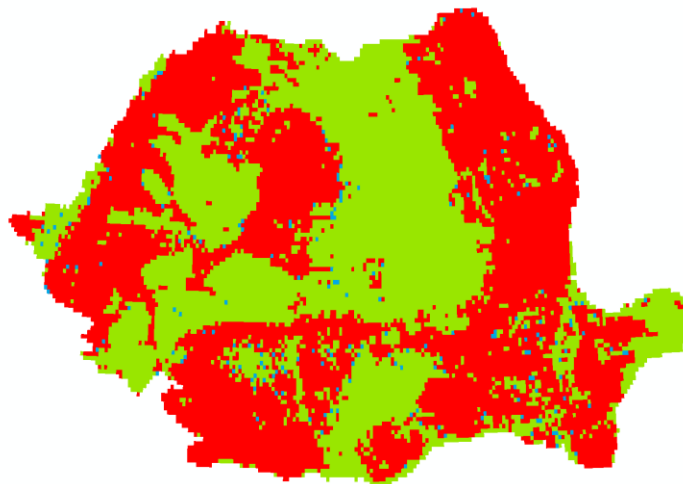
Habitation



Cultivation



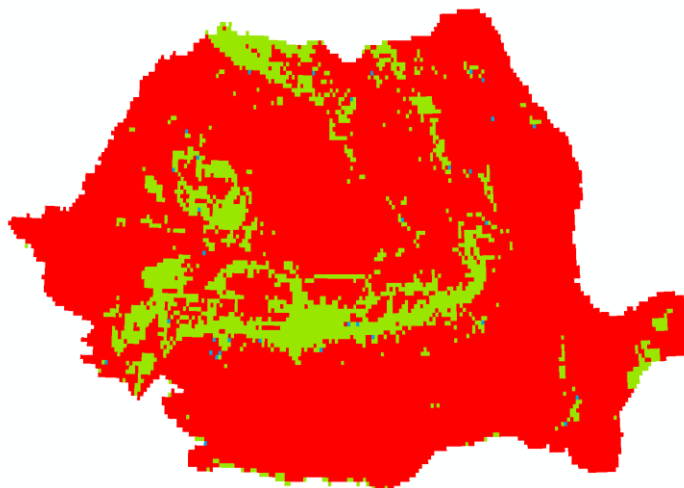
Energy Conversion



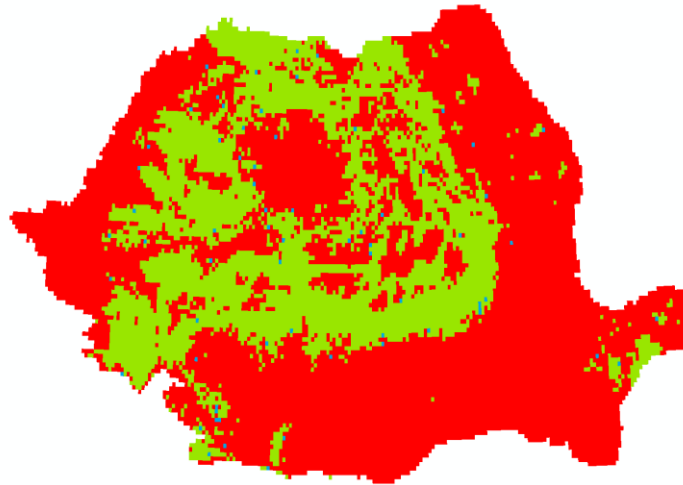
Mining



Waste Disposal



Transportation



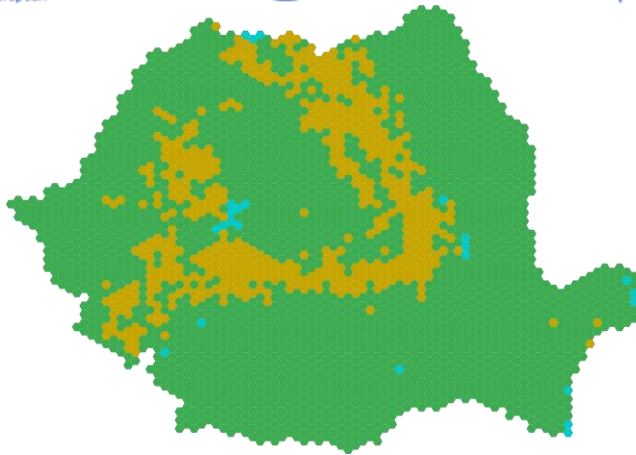
Tourism Facilities

Figura 28 Arealele potențial afectate de schimbările climatice, în ceea ce privește serviciile ecosistemice

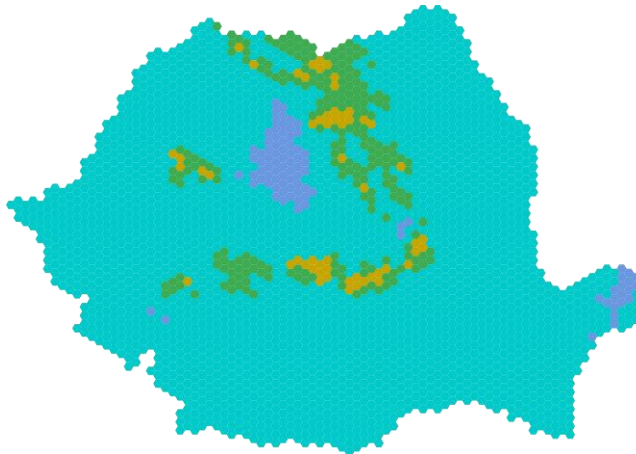
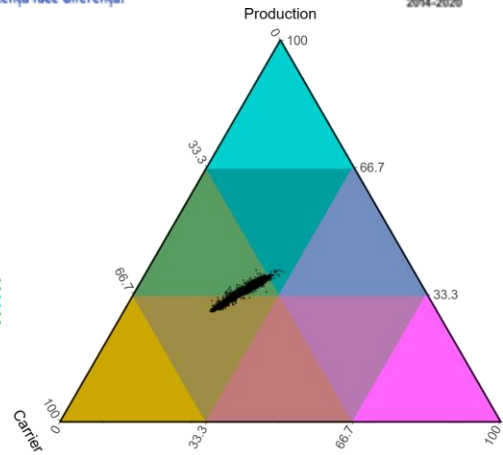
(descreștere a capacității: roșu; stagnare: albastru; creștere a capacității: verde)

Pentru a facilita interpretarea distribuției spațiale a capacității de îndeplinire a diferitelor servicii de matricea de folosință a terenului, s-a recurs la utilizarea unei reprezentări tip choropleth (gr. *choros* "regiune" & *plethos* "mulțime"). Similară reprezentărilor tip densitate sau izoritmice, aceasta abordează o reprezentare tematică în care un set de zone predefinite este simbolizat sau modelat proporțional cu o variabilă statistică ce reprezintă un rezumat agregat al unei caracteristici geografice regionale (în acest caz, capacitatea de îndeplinire a principalelor clase de servicii). Hărțile choropleth permit evidențierea variabilității în cadrul unei regiuni.

A fost posibilă reprezentarea simultană a trei variabile pe o singură figură, prin reprezentarea fiecăreia ca o progresie a unei singure crome și combinarea nuanțelor la nivelul fiecărei regiuni. Această tehnică a permis vizualizarea corelației și contrastului dintre variabilele presupuse ca fiind interconectate. S-au folosit culori contrastante, dar nu complementare, astfel încât combinația lor să fie recunoscută intuitiv ca fiind intermediară celor originale. Tehnica este optimă pentru reprezentarea datelor obținute anterior, existând un grad ridicat de autocorelație spațială între valorile variabilelor, rezultând astfel regiuni mari de culori similare cu schimbări graduale între ele.



prezent



viitor

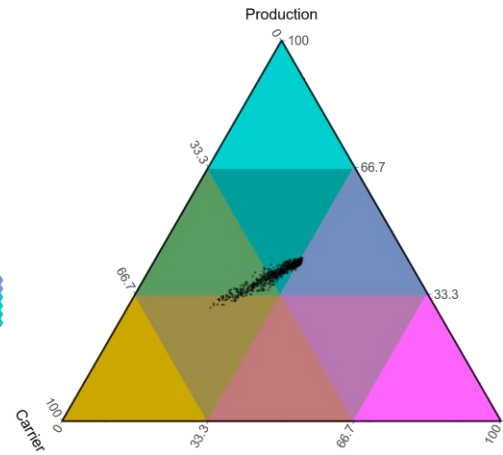
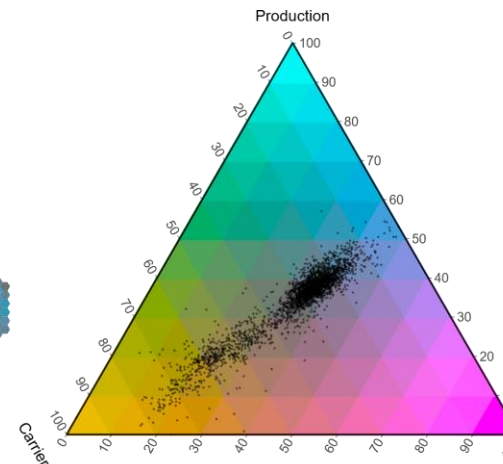
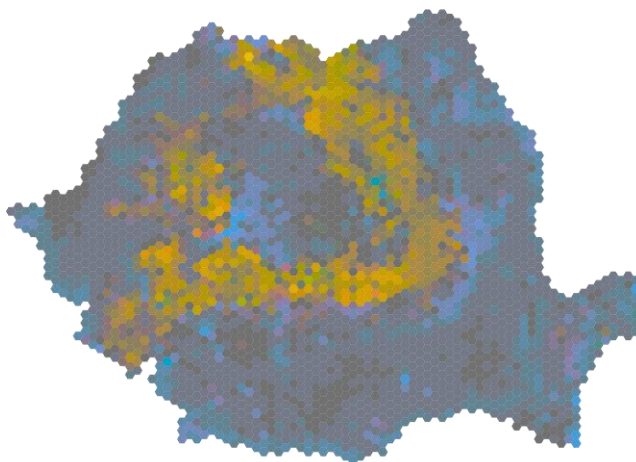


Figura 29. Reprezentare generalizată a capacității de furnizare a principalelor servicii ecosistemice



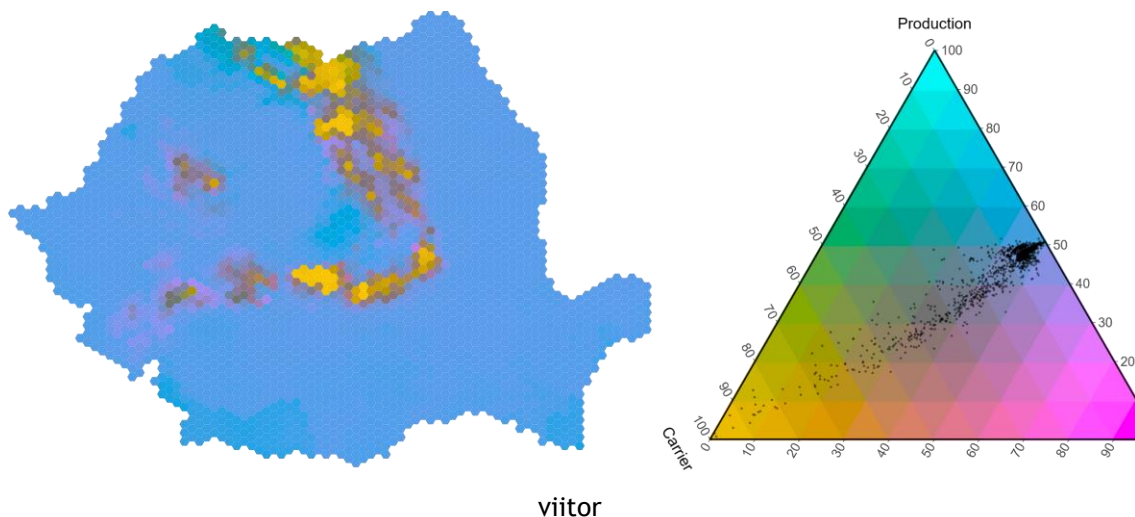


Figura 30. Reprezentare detaliată a capacității de furnizare a principalelor servicii ecosistemice

VI. STRATEGII PENTRU ATENUAREA IMPACTULUI SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ÎN DOMENIILE BIODIVERSITĂȚII, ARIILOR NATURALE PROTEJATE ȘI SERVICIILOR ECOSISTEMICE

VI.1 Strategii pentru atenuarea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității, ariilor naturale protejate și serviciilor ecosistemice

Această secțiune își propune prezentarea modalităților de identificare, sintetizare și prioritizare a opțiunilor de adaptare în funcție de costuri, precum și de vulnerabilitatea și expunerea biodiversității și a altor elemente de interes conservativ din ariile naturale protejate față de variabilitatea climei și a fenomenelor meteo extreme.

VI.1.1 Identificarea strategiilor și a măsurilor de management adaptativ

Ca rezultat al efectuării analizei vulnerabilității (EVSC, vezi Cap. 5), rezultă un set de metrici de vulnerabilitate și riscuri climatice aferente obiectivelor de conservare din ariile protejate care sunt ierarhizate și utilizate pentru identificarea și selectarea opțiunilor de adaptare climatică (măsuri și/sau acțiuni de management pentru adaptarea și/sau atenuarea efectelor schimbărilor climatice). De asemenea, EVSC pune în evidență și principalele categorii de risc și impacturi climatice care pot acționa asupra speciilor și/sau habitatelor, importante pentru identificarea celor mai bune strategii și măsuri de management adaptativ.

Adaptarea la schimbările climatice a ariilor protejate reprezintă un proces de ajustare pe mai multe nivele (specii, habitate, ecosisteme, arie protejată, peisaj, rețele de arii, regional, naționale) a managementului acestora în funcție de clima actuală sau preconizată ținând cont de efectele acesteia asupra obiectivelor de conservare pentru care au fost desemnate: specii, habitate, ecosisteme, elemente geologice și de peisaj, etc (European Commission: Directorate-General for Environment, 2013; McGuinn and Hernandez, 2013; Gross *et al.*, 2016).

Pe măsură ce efectele schimbărilor climatice devin mai cunoscute și previzibile în timp, managementul adaptiv devine un instrument practic și esențial de integrare a măsurilor de adaptare la climă în managementul și planificarea tuturor ariilor protejate. Prin monitorizare, pentru a evalua eficacitatea acțiunilor de management și progresul către atingerea obiectivelor de conservare definite, se poate identifica dacă sunt sau nu necesare alte măsuri la diferite niveluri de management (Bouwma *et al.*, 2012; Belle *et al.*, 2016). În aceleași timp este și un instrument practic, deoarece permite o abordare flexibilă și integrată pentru alte probleme decât schimbările climatice (de exemplu, schimbarea utilizării și a proprietății terenurilor, schimbarea mediului impacturi).

Resursele necesare pentru măsurile de adaptare la schimbările climatice vor varia în funcție de natura siturilor protejate, de problemele anticipate care trebuie abordate și, de asemenea, de impactul preconizat al schimbărilor climatice (Bouwma *et al.*, 2012; HABIT-CHANGE, 2013; Vos *et al.*, 2013; Belle *et al.*, 2016; Gross *et al.*, 2016). Cu toate acestea, costul ne-elaborării unor planuri eficiente de management adaptiv ca parte a unei strategii mai largi de management al adaptării climatice va fi probabil mult mai ridicat, nu doar pentru natură, ci și pentru oameni și societate în general (Sajwaj *et al.*, 2009; Smith, 2013).

Prima strategie pentru adaptarea la schimbările climatice este reprezentată de implementarea „Acțiunilor și a măsurilor fără nici un regret” (sinergice). Acestea ar trebui implementate cât mai curând posibil, concomitent cu dezvoltarea strategiei de management adaptativ. „Acțiunile fără nici un regret” sunt acțiuni și măsuri pe care administratorii AP le pot întreprinde în general pentru a fi pregătiți pentru schimbările climatice, indiferent de strategiile alese ulterior și indiferent de amploarea schimbărilor climatice pe care AP o poate experimenta. „Acțiunile fără nici un regret” includ:

- ✓ asigurarea unei capacități de management eficient aferent unui climat în continuă schimbare;
- ✓ asigurarea faptului că există sprijin instituțional pentru managementul adaptiv;
- ✓ acumularea cunoștințelor, informațiilor și a datelor despre impactul și răspunsurile la un climat în schimbare;
- ✓ creșterea gradului de conștientizare și motivarea acțiunilor factorilor interesați printr-o comunicare îmbunătățită;
- ✓ implicarea tuturor participanților și a partenerilor în soluții de adaptare comune.

Identificarea și selectarea opțiunilor de adaptare se poate face printr-o varietate de tehnici, inclusiv prin organizarea de ateliere de lucru (workshop, brainstorming) și aplicarea unor matrici de decizie și/sau pregătire a unor scenarii viitoare de management. Strategiile și

opțiunile de management pentru adaptarea la schimbări climatice se recomandă a fi ierarhizate/clasificate în funcție de vulnerabilitatea obiectivelor de conservare și riscul climatic asociat, iar prioritizarea la implementarea acestora ține cont de riscuri, incertitudini, fezabilitate și de resursele disponibile (Bouwma *et al.*, 2012; HABIT-CHANGE, 2013; Smith, 2013; Foden and Young, 2016; Gross *et al.*, 2016; ISO 14091:2021 (E), 2021). În această fază sunt de obicei implicați experți în domeniu, administratori de arii protejate și alți factori de decizie, precum și alți factori interesați (comunitățile locale, diferiți administratori de terenuri, ONG-uri de profil, etc.).

Criterii pentru selectarea și prioritizarea opțiunilor de adaptare climatică

După compilarea listei cu măsuri de management adaptativ sunt extrase cu prioritate opțiunile și strategiile care pot adresa direct sau indirect adaptarea ariilor protejate la schimbările climatice. Acestea pot fi identificate pe baza unei matrici decizionale sau prin elaborarea de scenarii de implementare.

Opțiunile de adaptare climatică variază considerabil mai ales în funcție de costuri, fezabilitate și probabilitatea de succes. Clasificarea acestora prin utilizarea unui set obiectiv de criterii poate separa rapid acțiunile care pur și simplu nu sunt competitive sau fezabile de cele care merită o examinare mai detaliată. Majoritatea abordărilor de prioritizare a opțiunilor încep prin aplicarea unui „*filtru grosier*” pentru a identifica rapid un subset mai restrâns de opțiuni. Acest filtru grosier de selectare a opțiunilor de adaptare are la bază următoarele criterii de selecție:

1. Să abordeze obiective importante de conservare

- ✓ Atenuază vulnerabilități climatice cheie
- ✓ Crește fitnessul populațiilor
- ✓ Îmbunătățesc condițiile de habitat
- ✓ Îmbunătățesc condițiile hidrologice
- ✓ Cresc reziliența la factorii disturbânți
- ✓ Sunt eficiente pe perioade mai lungi de timp

2. Să adreseze și alte ținte și valori de conservare

- ✓ Să fie fezabile ca orizont de timp pentru implementarea și obținerea beneficiilor
- ✓ Să conducă la beneficii sociale și economice
- ✓ Să fie acceptabile pentru factorii interesați
- ✓ Să adreseze consecințele variantei fără nici o acțiune
- ✓ Să adreseze riscurile și hazardurile climatice
- ✓ Să poată fi monitorizate și evaluate din punct de vedere al eficienței

3. Să fie fezabile

- ✓ Să fie robuste și eficiente pentru o serie de scenarii de schimbări climatice

- ✓ Să fie aplicabile la nivel instituțional
- ✓ Să fie în concordanță cu politicile și legislația în vigoare
- ✓ Să aibă probabilitate de succes
- ✓ Să aibă costuri fezabile
- ✓ Să aibă oportunități de finanțare și parteneri

4. Să ofere soluții climatice smart

- ✓ Să fie robuste față de viitoare incertitudini
- ✓ Să faciliteze adaptarea la clima în schimbare a unor areale, peisaje cât mai extinse atât din interiorul și din proximitatea perimetrelor protejate, cât și la nivelul rețelei ecologice de ariilor protejate
- ✓ Să evite adaptarea climatică necorespunzătoare

În general, criteriile care pot fi utilizate pentru evaluarea și prioritizarea opțiunilor de adaptare climatică se bazează pe principiile ecologice prezentate în tabelul de mai jos. Acestea sunt aplicabile pentru majoritatea ariilor naturale protejate.

Tabel 43. Principiile ecologice generale ce pot fi utilizate pentru identificarea opțiunilor de adaptare climatică a biodiversității ariilor protejate, la nivel de sit sau rețea de situri (adaptare din Gross et al. 2016).

Principii ecologice	Descriere
Reducerea factorilor stresanți care amplifică impactul climatic	Vigoarea și capacitatea adaptativă a speciilor și a habitatelor sunt mai mari în absența altor factori de stres. Clima poate acționa ca un factor multiplicativ al presiunilor existente și poate interacționa cu alți factori de stres pentru a crește susceptibilitatea la boli și secetă, precum și pentru a reduce abilitățile competitive ale speciilor.
Restabilirea structurii și funcțiilor ecosistemelor pentru creșterea rezilienței	Asigurarea funcțiilor fundamentale ale ecosistemelor, precum ar fi de exemplu, creșterea plantelor verzi (producția de biomasă), descompunerea materiei organice, filtrarea și recircularea nutrienților. Aceste procese contribuie la integritatea ecologică chiar și atunci când compoziția speciilor și structura ecosistemului se modifică într-o anumită măsură.
Protejarea ecosistemelor semi-naturale inter-conectate	Ecosistemele semi-naturale și naturale funcționale sunt mai reziliente la schimbările climatice decât ecosistemele degradate. Sistemele intacte

	facilitează abilitatea speciilor de a se adapta la schimbările climatice viitoare
Identificarea și protejarea refugiilor climatice	Refugiile climatice sunt zone care au fost mai puțin expuse la schimbările climatice decât perimetrele adiacente, pentru care există o probabilitate ca să rămână neschimbate și pe viitor. Aceste zone păstrează populațiile ale speciilor existente care sunt cel mai probabil reziliente la schimbări climatice și pot fi o destinație pentru migrația viitoare a speciilor sensibile la climat.

Identificarea opțiunilor de adaptare climatică se poate realiza prin întocmirea unei liste exhaustive de strategii și măsuri de management, rezultate din cadrul unor practici de management anterioare de succes din cadrul altor planuri de management sau a studiilor de specialitate, preferabil care să fi fost implementate, testate și validate. O astfel de listă exhaustivă cu măsuri de management²⁵ a fost compilată pentru anumite specii și habitate în cadrul proiectului HABIT-CHANGE (HABIT-CHANGE, 2013).

O mare varietate de măsuri sunt sugerate ca fiind adecvate pentru managementul adaptiv în ariile naturale protejate. Acestea sunt utile pentru a permite biodiversității în general să faciliteze și adaptarea la schimbările climatice și de asemenea, vor permite și zonelor înconjurătoare să devină mai reziliente. Astfel, pot fi identificate 6 categorii principale de măsuri de management adaptativ aplicabile la nivelul ariilor naturale protejate în vederea adaptării climatice a biodiversității (Bouwma *et al.*, 2012; Smith, 2013; Vos *et al.*, 2013; Belle *et al.*, 2016; Gross *et al.*, 2016) :

1. Reducerea presiunilor existente
2. Asigurarea heterogenității ecosistemelor
3. Creșterea conectivității
4. Asigurarea condițiilor abiotice necesare
5. Gestionarea impactului evenimentelor extreme
6. Alte tipuri de măsuri

Identificarea opțiunilor de adaptare se realizează în funcție de efectele schimbărilor climatice preconizate în urma evaluării vulnerabilității biodiversității. În figura de mai jos sunt prezentate principalele efecte ale schimbărilor climatice, în corelație cu categoriile principale de măsuri de adaptare aferente.

²⁵http://www.habit-change.eu/fileadmin/results/HABIT-CHANGE_3_3_1_management_strategies_%202011-11-18.pdf

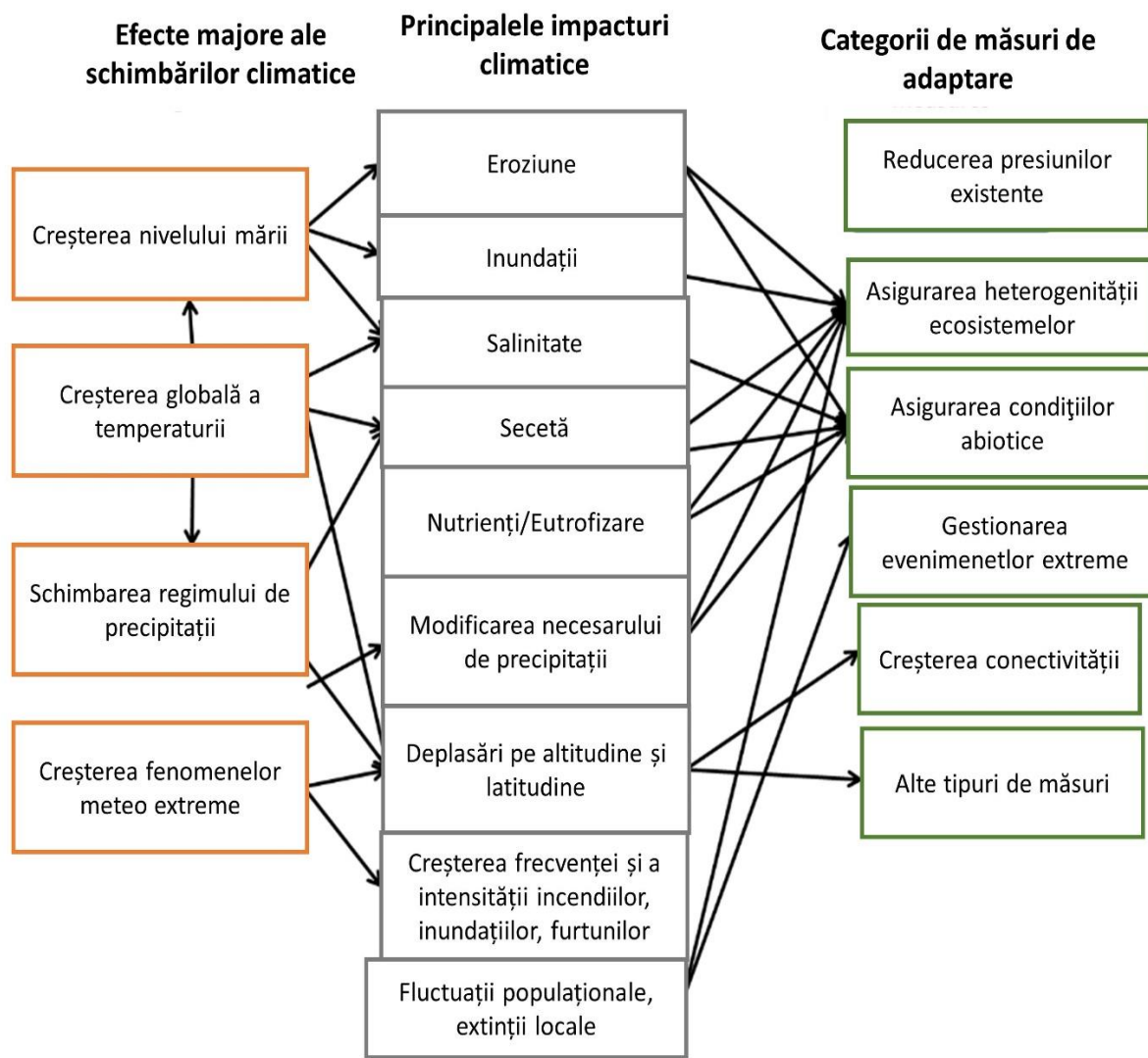


Figura 31. Relația dintre efectele schimbărilor climatice, impactul asupra speciilor/habitatelor și principalele categorii de măsuri adaptative (adaptat din Bouwma *et al.*, 2012)

Tabel 44. Măsuri de finanțare prioritare în funcție de opțiunile de adaptare propuse

Obiective	Măsuri / proiecte propuse	Responsabili / parteneri potențiali	Surse potențiale de finanțare
Reducerea factorilor care amplifică schimbările climatice	Controlul utilizării nutrienților	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională Apele Române	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027
	Controlul speciilor invazive	ANANP, Ministerul Mediului, institute de cercetare	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027
	Controlul deversării de substanțe nocive în apele de suprafață	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională Apele Române	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027
	Controlul emisiilor de gaze cu efect de seră în atmosferă	ANANP, Ministerul Mediului, institute de cercetare	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027

Obiective	Măsurile / proiecte propuse	Responsabili / parteneri potențiali	Surse potențiale de finanțare
Restabilirea structurii și funcțiilor ecosistemelor pentru creșterea rezilienței	Restaurarea vegetației degradate, în special cea din zonele umede, ripariene	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională Apele Române	PODD 2021-2027
Protejarea ecosistemelor semi-naturale inter-conectate	Îndepărtarea îndiguirilor și a deversărilor	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională Apele Române	PODD 2021-2027
	Restaurarea zonelor umede naturale și a iazurilor	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională Apele Române	PODD 2021-2027
	Elaborarea unor modele de distribuție spațială a speciilor pentru identificarea modificărilor de areal	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională de Meteorologie	PODD 2021-2027
	Elaborarea unor modele de identificare a necesităților de interconectare a ecosistemelor	ANANP, Ministerul Mediului, institute de cercetare	PODD 2021-2027
	Stabilirea unor parteneriate pentru protejarea unor habitate / ecosisteme în afara ariilor naturale protejate	ANANP, Ministerul Mediului, institute de cercetare	PODD 2021-2027
	Crearea unor arii naturale protejate de tip urban, o categorie aparte față de ariile naturale protejate clasice	ANANP, Ministerul Mediului, institute de cercetare	

Obiective	Măsurile / proiecte propuse	Responsabili / parteneri potențiali	Surse potențiale de finanțare
Identificarea și protejarea refugiilor climatice	Elaborarea unor modele de identificare a refugiilor climatice	ANANP, Ministerul Mediului, Administrația Națională de Meteorologie	PODD 2021-2027
	Reducerea activităților antropice în perimetrele refugiilor climatice Includerea perimetrelor cu diversitate topografică mare și care constituie refugii climatice în arii protejate	ANANP, Ministerul Mediului, Administrații locale, județene	PODD 2021-2027
Prevenirea extinderii insulelor de căldură urbană și reducerea stresului termic	Reconversia funcțională a unor zone degradate din ariile naturale protejate sau din afara acestora (zone seminaturale sau cu naturalitate ridicată)	ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrații locale, județene	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027
	Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din ariile naturale protejate prin stimularea transportului în comun, a mijloacelor de transport electrice și nemecanizate	ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrații locale, județene	POR 2021-2027 Bugetul de stat Bugetul local PODD 2021-2027
	Amenajarea de fațade și acoperișuri verzi la clădirile din arii naturale protejate	ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrații locale, județene	POR 2021-2027 Bugetul de stat

Obiective	Măsuri / proiecte propuse	Responsabili / parteneri potențiali	Surse potențiale de finanțare
	<p>Adoptarea unui regulament local de urbanism pentru clădirile în arii naturale protejate, care să reglementeze măsurile de adaptare a construcțiilor existente și a celor nou-autorizate la schimbările climatice, inclusiv prin stimulente (de ex. bonus de densitate pentru clădirile cu acoperișuri / fațade verzi, sisteme de răcire pasivă) - prin achiziționare consultanță de specialitate</p> <p>Adoptarea unei scheme locale de minimis pentru acordarea de reduceri la plata impozitelor pe proprietate pentru clădirile din ariile naturale protejate aflate în clasă energetică A, care dețin o certificare oficială recunoscută la nivel mondial (BREEM, LEED, DGNB)</p>	<p>ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrații locale, județene</p> <p>ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrații locale, județene</p>	<p>Bugetul local PODD 2021-2027</p> <p>Bugetele autorităților publice locale</p> <p>Bugetele autorităților publice locale</p>
Prevenirea riscului de inundații	Realizarea unor culoare verzi-albastre de-a lungul cursurilor de apă, prin realizarea de plantări care să exploateze și să redistribuie surplusul de apă din luncile inundabile	ANANP pentru zone din ariile pe care le administrează, Administrația Apele Române	PODD 2021-2027 PNRR

Obiective	Măsuri / proiecte propuse	Responsabili / parteneri potențiali	Surse potențiale de finanțare
Creșterea gradului de informare, conștientizare și pregătire a personalului ANANP în vederea adaptării la schimbările climatice	Formarea personalului ANANP în domeniul adaptării la schimbările climatice (abordare sectorială, pentru fiecare compartiment de specialitate, entitate din subordine)	ANANP, universități, institute de cercetare, Ministerul Mediului	POEO 2021-2027
	Organizarea unor sesiuni de informare a populației cu privire la măsuri locale de adaptare la schimbările climatice prin protecția ecosistemelor și biodiversității	ANANP, universități, institute de cercetare, Ministerul Mediului	POEO 2021-2027

VI.1.2 Analiza opțiunilor și strategiilor de adaptare climatică prin asigurarea conectivității ariilor protejate la nivel de rețele ecologice funcționale

Un sistem compus din arii naturale protejate și coridoare care permit dispersia florei și faunei, încorporat într-o matrice de peisaj cu diferite moduri de utilizare a terenurilor reprezintă o rețea ecologică funcțională (McLaughlin *et al.*, 2002). Acest concept a derivat din teoria ecologică a biogeografiei insulare și cea a meta-populațiilor (MacArthur and Wilson, 1963).

Rețeaua de arii protejate Natura 2000 cuprinde situri desemnate în temeiul Directivelor Păsări (79/409/EEC) și Habitare (92/43/CEE) cu scopul de a asigura durabilitatea pe termen lung a habitatelor și speciilor, dar până în prezent aceasta nu a prezentat un nivel semnificativ de coerență ecologică funcțională (Hilty *et al.*, 2020), în special pentru unele specii de floră și faună cu capacitate redusă de dispersie spațială (Iojă *et al.*, 2010; Popescu *et al.*, 2013; Sahlean *et al.*, 2020). În România, rețeaua Natura 2000 cuprinde 435 SIC-uri și 171 de SPA-uri, acoperind ~ 22,8% (54360 km²) din suprafața de uscat a țării.

În 2013, UE și-a lansat Strategia de Infrastructură Verde (IV), definită ca „o rețea planificată strategic de zone naturale și seminaturale cu alte caracteristici de mediu concepute și gestionate pentru a furniza o gamă largă de servicii ecosistemice” (European Commission, 2013a, 2013b). Această rețea de Infrastructură Verde include terenuri acoperite de spații verzi (green) și albastre (luciu de apă) cu rol în îmbunătățirea condițiilor de mediu pentru a crește calitatea vieții și sănătatea cetățenilor. De asemenea, IV sprijină o economie verde, creează oportunități de locuri de muncă și îmbunătățește biodiversitatea, în acest context Rețeaua

Natura 2000 constituind coloana vertebrală a infrastructurii verzi din UE. În acest context, Strategia de Infrastructură Verde poate asigura conectivitatea funcțională a ariilor protejate prin includerea de zone verzi și albastre, cu caracteristici naturale, precum și a peisajelor agricole tradiționale utilizate în mod tradițional, în cadrul coridoarelor ecologice, astfel încât să fie facilitată dispersia acestora și adaptarea la schimbările climatice.

Ca și strategii de adaptare la schimbările climatice, asigurarea conectivității funcționale a populațiilor speciilor și habitatelor, se realizează atât în interiorul AP, cât și între AP, prin delimitarea de coridoare ecologice dincolo de perimetrele actuale ale ariilor protejate. Distribuția spațială a principalelor măsuri de adaptare a biodiversității ariilor protejate este prezentată în tabelul de mai jos. Au fost identificate mai multe tipuri de măsuri care pot fi aplicate atât la nivel de arie și/sau zone adiacente, cât și unele măsuri care sunt eficiente la nivel de rețea funcțională de perimetre cu statut de conservare inter-conectate prin coridoare ecologice și sau climatice reprezentate de spații naturale verzi și albastre, peisaje agricole tradiționale selectate conform Strategiei de Infrastructură Verde.

Tabel 45. Amplasarea spațială a diferitelor măsuri de adaptare a biodiversității ariilor protejate în situri, în jurul acestora sau la nivel de rețea

Categorie măsuri de adaptare	Tip de măsură	În arie	În jurul ariei	Rețea de arii
Reducerea presiunilor existente	Restaurarea ecologică	X	X	-
	Dezvoltarea zonelor de buffer	-	X	-
	Creșterea suprafeței protejate	-	X	-
Asigurarea heterogenității ecosistemelor	Sporirea gradientilor structurali	X	X	-
	Permiterea desfășurării proceselor naturale	X	X	-
Asigurarea condițiilor abiotice necesare	Calitatea apei	X	X	-
	Cantitatea de apă	X	X	-
	Echilibrarea nutrienților	X	-	-
Gestionarea impactului evenimentelor extreme	Managementul focului	X	X	-
	Managementul inundațiilor	X	X	-

	Managementul furtunilor	X	X	-
Creșterea conectivității	Delimitarea de coridoare climatice	X	X	X
	Managementul peisajelor	-	X	X
	Crearea de arii naturale	-	X	X
	Planificarea spațială	-	X	X
Altele	Revizuirea limitelor actuale	-	X	
	Relocarea speciilor	-	-	X
	Evaluarea distribuției geografice a rețelei de arii protejate	-	-	X
	Controlul speciilor invazive	X	X	X

Modul de utilizare și acoperire a terenului din jurul ariilor protejate ar putea limita posibilitățile de adaptare ale speciilor și habitatelor. De exemplu, speciilor cu distribuție spațială insulară sau care depind de un habitat care este foarte fragmentat, le va fi dificil sau chiar imposibil să își ajusteze distribuția la zonele climatice în schimbare sau să își revină după condiții meteorologice extreme. Habitatetele de coastă ar putea întâmpina limitări majore, deoarece nu se pot deplasa în interior din cauza barierelor infrastructurale.

Prin urmare, este din ce în ce mai important ca peisajul din jurul AP să fie inclus într-o evaluare a vulnerabilității la schimbările climatice. Cu cât aria protejată este înglobată într-un peisaj mai heterogen, ce include diferite elemente naturale și seminaturale, cu atât este mai posibil și facil schimbul de specii între situri, zonele înconjurătoare și alte situri protejate. În cazul unor evenimente extreme, cum ar fi inundații, furtuni sau incendii, pot exista zone de refugiu în apropiere care să fie accesibile.

O strategie importantă de adaptare climatică, poate fi dezvoltarea peisajul din jurul AP, astfel încât să contribuie la adaptarea speciilor și habitatelor la schimbările climatice. Pentru ca speciile să poată răspunde la efectele schimbărilor climatice, este vital ca AP existente să fie bine încorporate într-un sistem de zone verzi și albastre inter-conectate, denumite spații de Infrastructură Verde²⁶.

²⁶

https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_ACT_part1_v5.pdf

Măsurile de adaptare și atenuare a schimbărilor climatice sunt cel mai eficiente dacă sunt aplicate atât la nivel de arie protejată și zonele adiacente, precum și la nivel de rețea ecologică inter-conectată prin coridoare ecologice pentru asigurarea funcționalității. În România, inter-conectarea ariilor prin identificarea coridoarelor ecologice a fost studiată pentru reptile și amfibieni (Sahlean *et al.*, 2020) și pentru carnivore mari și habitate în cadrul proiectului *Ecological corridors for habitats and species in Romania-COREHABS*²⁷ (Okániková *et al.*, 2021).

Măsuri de management adaptativ la nivelul ariei protejate și a zonelor înconjurătoare

Măsurile de adaptare și/sau atenuare sunt, cel puțin teoretic, binecunoscute însă adeseori planificarea practică și implementarea sunt deficitare. Este necesar ca toți administratorii de arii protejate să fie pregătiți să traducă informațiile asupra impacturilor cunoscute sau probabile ale schimbărilor climatice asupra unor zone specifice în acțiuni practice de management care să le abordeze. Deși măsurile de management sunt prin excelență specifice fiecărei situații, principiile de bază ce stau la baza adaptării sunt descrise astfel (Smithers *et al.*, 2008; Oliver *et al.*, 2016):

- Să fie pregătiți să identifice schimbările și să se adapteze acestora;
- Să se informeze asupra stadiului cunoașterii în domeniu, să își dezvolte cunoștințele și să planifice în mod strategic;
- Să acționeze pentru menținerea și creșterea rezilienței ecologice;
- Să caute, oriunde este posibil, să acționeze integrat în toate sectoarele.

Prin urmarea acestor principii, managerii de arii protejate își vor îmbunătăți capacitatea de a căuta și dezvolta măsuri de management adaptativ ce permit luarea măsurilor de management ce adresează impacturile prezente sau probabile. Este esențială înțelegerea măsurilor care dau rezultate în situații specifice și extragerea din acestea a căilor de urmat pentru managementul viitor.

Măsuri din ariile protejate și din proximitatea acestora

Întrucât suprafața diferitelor arii protejate variază foarte mult, măsurile trebuie să fie adecvate atât presiunilor ce impactează speciile la nivel de sit, cât și dimensiunilor sitului. Pentru siturile de dimensiuni reduse, măsurile luate în sit pot să nu fie suficiente, dependența de utilizarea terenului înconjurător fiind foarte mare, astfel încât relevanța următoarelor categorii de măsuri poate fi diferită de la sit la sit.

Măsuri categoria 1: Reducerea presiunilor existente

De multe ori, presiunile ce impactează sit-ul sunt deja cunoscute managerilor, iar măsuri “fără nici un regret” pot fi luate pentru a atenua presiunile și a îmbunătăți starea generală de conservare a speciilor sau habitatelor. Cu cât starea acestora este mai bună, cu

²⁷ <http://www.corehabs.ro/en/about-corehabs-project>

atât își pot exprima mai mult capacitatea de adaptare la SC. Astfel de măsuri ce pot fi aplicate în situri sau în jurul acestora și contribuie la reducerea presiunilor existente sunt:

- Activități de reconstrucție ecologică
- Creșterea suprafeței ariei protejate pentru a reduce influențele negative
- Stabilirea unor zone tampon în jurul sitului
- Controlul/Combaterea speciilor invazive/expansive și a bolilor
- Defragmentarea în cadrul siturilor și între acestea inclusiv prin construirea ecotunelurilor sau podurilor verzi
- Reducerea și eliminarea surselor exterioare de impact, cum sunt poluarea și perturbarea

Măsuri categoria 2: Mărirea heterogenității ecosistemului

Aceste măsuri nu vizează specific anumite elemente de interes conservativ ci urmăresc îmbunătățirea rezilienței generale a ecosistemelor. Următoarele măsuri pot fi aplicate în situri și în proximitatea acestora:

- *Amplificarea gradientelor structurali în ariile protejate și în jurul acestora*

Variabilitatea structurii vegetației poate fi crescută prin management proactiv, ceea ce reduce impactul temperaturilor ridicate prin asigurarea de umbră și adăpost. De asemenea, amplificarea variabilității reliefului poate reduce impactul climatic, unele zone oferind condiții favorabile în anii secetoși, altele fiind prielnice în cei ploioși.

- *Facilitarea modificărilor adaptative ale ecosistemului prin susținerea dinamicii naturale a peisajelor*

Permiterea dinamicii naturale caracteristice climatului actual și celui viitor susține modificarea și adaptarea mai bună a ecosistemelor la noile condiții. Exemplele includ pașii ce pot fi parcurși pentru permiterea proceselor naturale de formare a peisajelor cum sunt sedimentarea, apariția zonelor umede, fenomenul de meandrare al râurilor etc.

Măsuri categoria 3: Asigurarea condițiilor abiotice necesare

Este foarte probabil ca SC să modifice condițiile abiotice din unele situri. Menținerea echilibrului hidrologic al sitului este adesea cheia atingerii obiectivelor de conservare pentru specii și habitate, însă acest fapt va deveni tot mai dificil în unele situri, SC fiind cuplate cu creșterea nevoilor de apă ale oamenilor. Scăderea disponibilității apei și seceta pot să apară în unele situri și să aibă, ca și efect secundar, niveluri crescute de nutrienți (eutrofizare) și poluanți. În alte părți este posibilă creșterea precipitațiilor sau schimbarea tiparelor acestora, cum ar fi creșterea în sezonul de iarnă și scăderea în cel de vară. Temperaturile ridicate și sezonul de vegetație mai lung pot să ducă în zonele cu precipitații crescute la creșteri ale biomasei (Van Meerbeek *et al.*, 2016; Ciceu *et al.*, 2020).

Există mai multe măsuri tehnice ce pot îmbunătăți calitatea apei, cantitatea acesteia și echilibrul de nutrienți care sunt axate pe:

- ✓ Creșterea reținerii apei în sit prin, de exemplu, adaptarea sistemului de drenaj existent, refacerea meandrelor râurilor și reîmpăduriri
- ✓ Asigurarea resurselor adecvate de apă în perioadele de secetă prin amenajarea de bazine de retenție a apei și / sau sisteme de irigații
- ✓ Asigurarea drenajului apei din sit în perioadele cu ploi excesive
- ✓ Cosirea periodică a vegetației sau înlăturarea stratului de suprafață al solului pentru a evita îmbogățirea în nutrienți a siturilor acolo unde aceasta este un neajuns. Este posibil ca data primei cosiri să fie tot mai timpurie și să fie necesare mai multe cosiri pe an.

Măsuri categoria 4: Managementul perturbărilor și al evenimentelor extreme

Există predicții legate de creșterea frecvenței focurilor, furtunilor și inundațiilor ca urmare a SC. Deși multe ecosisteme sunt adaptate la perturbările periodice, frecvența și scara mai mare poate să constituie o amenințare. Managementul evenimentelor extreme urmărește reducerea impactului acestora atunci când apar.

- *Managementul incendiilor*-Aceste măsuri urmăresc reducerea apariției sau a impactului incendiilor necontrolate. Zonele tampon pentru foc din situri sunt un exemplu al acestor măsuri însă incendiierile preventive pot reduce apariția și impactul incendiilor necontrolate prin reducerea combustibilului disponibil.
- *Managementul perturbărilor- furtuni*. Acest tip de măsuri este relevant în special pentru habitatele costiere și păduri. Măsurile pentru habitatele costiere includ acțiunile tehnice, precum construcția de diguri, suplimentarea nisipului, dar și eliminarea oricăror structuri de protecție și obținerea unei zone de protecție naturală. Pentru păduri măsurile includ asigurarea diversității de vârstă și compoziție specifică.
- *Managementul inundațiilor*. Măsurile sunt în general tehnice, luate din perspectiva protecției generale a unei arii mai întinse împotriva inundațiilor iar la nivelul unor situri de dimensiuni mai reduse pot să se concretizeze prin asigurarea unui număr suficient de zone de refugiu în perioadele de inundație.

Măsuri categoria 5: Măsuri de conectivitate

În general acest tip de măsuri vizează rețeaua de arii protejate însă și în cazul unor situri de dimensiuni mari, conectivitatea în contextul schimbărilor climatice poate fi îmbunătățită. Printre problemele care trebuie avute în vedere se află posibilitatea de migrare spre altitudini mai ridicate și mișcarea pe teritoriul sitului. De asemenea este importantă prezența refugiilor în cazul incendiilor sau inundațiilor. În sprijinul conectivității rețelei de arii protejate vin inițiativele de agricultură ecologică, biodiversă, ce sunt deja în curs de

implementare în mai multe țări europene și au apărut în ultima perioadă, deocamdată incipient, și în România. Aceste suprafețe cu diversitate ridicată, atât la nivel microbiologic și vegetal cât și al comunităților de nevertebrate și vertebrate de dimensiuni reduse pot juca un rol important în mobilitatea speciilor protejate.

Măsuri categoria 6: Alte tipuri de măsuri

- *Mutarea/Relocarea speciilor.* Atunci când SC sunt foarte ample și rapide, ele pot depăși capacitatea de adaptare a unei specii. Pentru a evita extincția, mutarea/relocarea speciei poate fi o opțiune înșă de obicei astfel de măsuri sunt cuprinse într-un program național de mutare/relocare.
- *Controlul speciilor invazive sau expansive.* Speciile invazive pot fi favorizate de SC fie prin posibilitatea de-a se extinde în zone noi, anterior nefavorabile, fie printr-o capacitate crescută de competiție cu speciile și comunitățile native (Doroftei and Anastasiu, 2014). Abordările pentru controlarea speciilor invazive pot cuprinde metode biologice, chimice și/sau mecanice. Pe de altă parte, SC pot să favorizeze și expansiunea unor specii autohtone, favorizate în competiție (adesea arbori sau arbuști) care se extind în habitatele Natura 2000. În ciuda acestei expansiuni, aceste specii nu pot fi considerate invazive, fiind probabil mai adaptabile noilor condiții climatice. Acceptarea noilor ansambluri de specii și evaluarea necesității de măsuri la nivel de specie fac parte din strategia de gestionare a SC.
- *Evaluarea posibilității de-a extinde aria protejată dincolo de limitele actuale sau a necesității de-a se înființa o nouă arie protejată.* În unele situri, adaptarea poate necesita evaluarea unei zone din proximitate și explorarea posibilităților de încorporare a acesteia în aria protejată în beneficiul biodiversității din zonă. Pentru unele specii și habitate, în contextul în care siturile actuale devin mai puțin adecvate, alte situri arii protejate pot să devină potrivite. Dacă în urma studiilor se constată că aceste zone adecvate se găsesc în afara rețelei de arii protejate, în mod excepțional se poate avea în vedere crearea unor noi arii protejate, bazate pe aceleași caracteristici ca și cele de origine.

Măsuri de management adaptativ la nivelul de rețea inter-conectată funcțional

În prezent, speciile ocupă fragmente izolate din habitate și multe au devenit din ce în ce mai vulnerabile deoarece nu mai au posibilități de dispersie sau migrare. SC se manifestă în

plus față de impacturile deja existente în sit și au tendința să împingă speciile predominant spre nord și spre altitudini superioare, ceea ce mărește nevoia de-a facilita mobilitatea și a reconecta habitatele (Guisan and Theurillat, 2000; HABIT-CHANGE, 2013; UNEP-WCMC, 2017; Hilty *et al.*, 2020). Pentru eficiența acestor măsuri, este însă important să se aibă în vedere tiparele de mobilitate existente, capacitatea de dispersie a speciilor și impactul SC asupra speciilor (Doroftei and Anastasiu, 2014; Rannow and Neubert, 2014). Trebuie susținute măsurile de management care țin cont de conexiunile ecologice din și dintre situri, cum sunt dezvoltarea sau menținerea coridoarelor ecologice, reducerea efectului de barieră al căilor de comunicații etc (Hilty *et al.*, 2020). În acest context, este necesară o colaborare extinsă între factorii interesați pentru coordonarea activităților între instituții, dar și un schimb mai intens de informații și experiență cu alți manageri de arii protejate. Acesta poate include participarea la workshop-uri și seminariile ce sunt organizate pentru fiecare Regiune Biogeografică, dar și integrarea informațiilor disponibile prin procesul de monitorizare și raportare cuprins în Articolul 17, ce urmărește asigurarea coerenței în management, monitorizare, finanțare și raportare în cadrul rețelei Natura 2000²⁸. În contextul schimbărilor climatice, întrebările esențiale sunt următoarele: Care vor fi consecințele schimbărilor climatice la fiecare nivel biogeografic? Ce măsuri e necesar să fie luate și de către cine?

În completarea măsurilor sugerate în interiorul și în proximitatea siturilor protejate, sunt propuse și măsuri la scară mai mare (la nivel de rețea). Acestea sunt esențiale pentru a permite dispersia speciilor din zonele climatice favorabile din prezent spre cele viitoare. Facilitarea schimbărilor de areal va necesita infrastructură verde, bine conectată, pe distanțe extinse (chiar transfrontalier), întrucât pentru unele specii predicțiile indică mutarea zonelor favorabile cu sute de kilometri (HABIT-CHANGE, 2013; Belle *et al.*, 2016; Pörtner *et al.*, 2021).

Scopul măsurilor propuse la nivel de rețea este facilitarea mișcării/migrării speciilor între diferite situri din rețeaua Natura 2000, precum și între siturile Natura 2000 și habitatele favorabile existente în jurul acestora. Măsurile necesare depind de acoperirea terenului, de intensitatea utilizării acestuia în peisajul ce înconjoară siturile și de cerințele ecologice ale speciei. Următoarele tipuri de măsuri pot fi luate în considerare:

• *Îmbunătățirea conectivității prin dezvoltarea unor punți (stepping stones) și coridoare*

În zonele cu agricultură intensivă peisajul nu este în general favorabil dispersiei sau migrării speciilor. Elementele naturale de dimensiuni reduse - precum liniile de copaci, gardurile vii, marginile de ape, iazurile, crângurile - pot asigura suprafețele favorabile necesare pentru dispersie și migrație. Există numeroase date care susțin că elementele de acest tip ce înconjoară siturile Natura 2000 susțin biodiversitatea acestor arii protejate (Grashof-Bokdam *et al.*, 2009; Hilty *et al.*, 2020). Totuși, de multe ori aceste căi de dispersie sunt inadecvate prin poziționare sau calitate ecologică, caz în care ele pot fi modificate ținând cont de necesitățile speciilor pentru a le face mai potrivite și a îmbunătăți astfel conectivitatea.

- *Implementarea managementului adecvat al peisajului la scară mai mare și dezvoltarea infrastructurii verzi*

²⁸ <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/>

În peisajele culturale tradiționale cu utilizare mai extensivă sau în cele care includ deja o proporție mai mare de infrastructură verde, preocuparea principală este păstrarea acestui management și că dezvoltările viitoare nu reduc proporția sau calitatea infrastructurii verzi existente. Măsurile de agro-mediu sunt instrumente potrivite pentru a asigura un astfel de management, cu condiția existenței unei proporții destul de mari de infrastructură verde între siturile Natura 2000. În această direcție sunt utile și alte politici, cum sunt planificarea urbană sau planurile de management bazinale.

- *Implementarea măsurilor de reducere a efectului de barieră al drumurilor, căilor ferate și infrastructurii tehnice din râuri și pâraie pentru facilitarea răspunsului spațial al speciilor la SC.*

Sunt disponibile mai multe surse²⁹ care prezintă soluțiile tehnice pentru construirea noilor infrastructuri sau modificarea celor existente pentru a facilita trecerea mai multor specii (Okániková *et al.*, 2021).

- *Crearea unor noi arii pentru a reduce distanța existentă între ariile protejate din rețea.*

În aceste cazuri poate fi necesară conectarea rețelei de habitate care sunt în prezent separate prin crearea unor noi suprafețe de habitat (Hilty *et al.*, 2020).

Conectivitatea poate fi îmbunătățită însă și grație unor măsuri luate la nivel de sit. Extinderea suprafeței existente și îmbunătățirea condițiilor abiotice sunt măsuri ce susțin creșterea populațiilor speciilor și permit dispersia unui număr mai mare de indivizi, îmbunătățind rata de colonizare a noilor suprafețe.

Facilitarea modificărilor de areal este benefică atât pentru protecția speciilor individuale cât și pentru a menține un nivel ridicat de biodiversitate funcțională în ecosisteme, ce compensează pierderile de specii ce nu pot fi evitate în zona de contracție a arealului speciilor. Tot mai multe date susțin ideea că un nivel ridicat de biodiversitate este o cerință importantă pentru capacitatea adaptativă a ecosistemelor și pentru asigurarea durabilă a serviciilor de ecosistem (Van Meerbeek *et al.*, 2016).

Posibilitățile de înființare de rețele ecologice dincolo de ariile naturale protejate bazate pe integrarea aspectelor ecologice în agricultură.

Sistemele tradiționale agricole și pastorale (care în țara noastră încă se mai găsesc, deși în puține zone) au permis pentru o lungă perioadă un nivel sustenabil de producție, menținând și un nivel ridicat de biodiversitate (Halladay and Gilmour, 1995). Preocupările legate de agricultura ecologică există de mai multe decenii atât pe plan global cât și în țara noastră (Harper, 1974; Papacostea, 1981). În ultimul deceniu însă, pe fondul crizei ecologice cu care se confruntă umanitatea, inițiativele legate de diferitele concepte și forme ale acesteia (agricultură tradițională, permacultură, culturi intercalate cu arbori etc.) s-au înmulțit la nivel global, incluzând atât mici producători sau cetățeni entuziaști cât și pe unii agricultori deschiși se experimenteze și să învețe. În prezent, comunitatea științifică internațională a luat în studiu acest domeniu și a dovedit avantajele multiple ale sistemelor agricole biodiverse, ce sunt

²⁹ <https://handbookwildlifetraffic.info/>

proiectate și urmează principiile de funcționare ale comunităților biologice naturale (Halladay and Gilmour, 1995; Scherr and McNeely, 2008; Mayaux and Belward, 2010; Cox and Underwood, 2011; Montagnini, 2017; Muller *et al.*, 2017; Hagggar *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022; Uroy *et al.*, 2022). De asemenea, există și rezultate practice ale unor agricultori care utilizează tehnologii agricole cu impact redus (no till, culturi ce includ ansambluri de specii vegetale, fertilizare cu inoculi cu diversitate microbiologică etc.) și ale căror producții se apropie de cele obținute în agricultura convențională și uneori le depășesc (în ceea ce privește output-urile totale), mai ales dacă se ia în calcul reducerea costurilor la combustibili, îngrășăminte chimice, pesticide etc (Muller *et al.*, 2017; Kleijn *et al.*, 2019). Din aceste motive, chiar și Uniunea Europeană recomandă în pachetele de bune practici agricole o serie de măsuri care susțin trecerea spre acest tip de agricultură, apărând și subvenții pentru conversia în această direcție. România este, deocamdată, la început de drum în acest domeniu, atât din cauza lipsei de informare cât și conservatorismului și lipsei de încredere în eficiența acestor tehnologii. Este necesară în acest moment o susținere intensă din partea autorităților a procesului de conversie spre acest tip de agricultură care, pe lângă reducerea costurilor și a poluării asigură și securitate socială, hrană diversă și de bună calitate (McNeely and Scherr, 2002; Santos *et al.*, 2022). Există posibilitatea transformării agriculturii din una dintre cele mai mari amenințări la adresa biodiversității într-o forță de susținere a acesteia, atât de necesară în condițiile schimbărilor climatice. Din punct de vedere ecologic, suprafețele pe care se aplică această formă de management oferă numeroase beneficii, printre care:

- susțin și restaurează funcțiile ecosistemelor (Janneke Bruil *et al.*, 2021)
- se integrează în infrastructura verde
- reduc fragmentarea zonelor naturale, inclusiv a celor protejate, servind ca și punți și coridoare ecologice (culturile intercalate cu arbori măresc conectivitatea suprafețelor cu biodiversitate ridicată cu 60-80% (Hagggar *et al.*, 2019))
- reprezintă zone cu heterogenitate structurală ridicată
- oferă zone de re-conectare armonioasă a activităților antropice cu cele naturale, servind biodiversității naturale fără a exclude activitățile antropice
- reprezintă o oportunitate de a înțelege, replica și optimiza aplicarea proceselor naturale pentru dezvoltarea practicilor agricole sustenabile
- susțin procesele naturale la nivelul solului, ducând spre menținerea sau creșterea fertilității acestuia
- facilitează stocarea carbonului în sol, sub formă de humus
- mențin structura poroasă a solului, permițând pătrunderea în profunzime a apei de precipitații și stocarea acesteia pe perioade mai lungi în sol
- minimizează eroziunea solului și spălarea nutrienților, reducând în acest mod eutrofizarea apelor

Pe de altă parte, proximitatea zonelor naturale, biodiversice (cum sunt, prin excelență, ariile protejate) susține colonizarea rapidă a agroecosistemelor cu toate categoriile de organisme necesare pentru atingerea unui echilibru dinamic (Uroy *et al.*, 2022). Din aceste motive, ariile protejate și zonele din proximitatea acestora este necesar să devină, cu concursul administratorilor ariilor protejate, nuclee de conversie a agriculturii convenționale spre agricultură ecologică, iar acest proces trebuie susținut prin toate măsurile posibile, incluzând atât politici de mediu (Scherr and McNeely, 2008), măsuri de agromediu (Santos *et al.*, 2022) și campanii de informare și susținere a fermierilor.

Dezvoltarea de strategii și măsuri de adaptare la nivel de politici decizionale

Adaptarea la SC necesită și îmbunătățirea altor politici și a cadrului strategic pentru a susține dezvoltarea soluțiilor integrate necesare managementului SC. Aceste modificări nu sunt doar necesare pentru a reduce impactul climatic asupra biodiversității și a altor sectoare, dar va deveni tot mai important ca factorii de decizie să vadă natura și managementul acesteia ca parte a soluției la problemele ridicate de SC. În această direcție, reformele curente ale Politicii Agricole Comune, dezvoltarea planurilor de management bazinale în cadrul Directivei Cadru Ape și de asemenea politicile pentru Infrastructura Verde și Specii Invazive asigură oportunitatea includerii preocupărilor legate de SC și impactul acestora asupra mediului și în alte sectoare. Ghidurile practice și recomandările pentru protecția mediului la nivel european au permis integrarea SC și biodiversității în procedurile de Evaluare a Impactului asupra Mediului (EIA) și Evaluarea Strategică de Mediu (SEA). În mod specific, în ceea ce privește adaptarea biodiversității la SC următoarele politici și planuri sunt relevante și trebuie revăzute pentru a îmbunătăți integrarea aspectelor conexe cu SC:

- Revizuirea strategiilor de biodiversitate existente pentru relocarea speciilor și habitatelor;
- Aducerea la zi a politicilor pentru combaterea speciilor invazive și a bolilor;
- Încorporarea conceptelor Infrastructurii Verzi în politicile de planificare spațială urbană (planurile de urbanism);
- Revizuirea planurilor și politicilor legate de prevenția și managementul focului;
- Revizuirea procedurilor EIA și SEA pentru a include SC.

Importanța planificării spațiale

Planificarea spațială (planurile de urbanism) are un rol important în reducerea impactului și adaptarea la SC în multe sectoare, în ceea ce privește rețeaua de arii protejate, permite ca siturile Natura 2000 și conexiunile ecologice ale acestora să fie integrate pentru îmbunătățirea conectivității. Astfel, este necesară îmbunătățirea și interconectarea rețelelor chiar la nivel internațional și transfrontalier, planificarea urbană actuală, la nivel regional și local, fiind un impediment pentru interconectare (Hilty *et al.*, 2020). Zonele internaționale de adaptare climatică, reprezintă acele zone cheie pentru măsurile de adaptare la nivel ecologic, în care activitățile cu impact negativ asupra rețelelor ecologice pot fi evitate sau reduse (Vos,

van der Hoek and Vonk, 2010). În aceste zone, nu sunt realizate acțiuni de tipul urbanizării sau construcției de drumuri, ce pot bloca adaptările viitoare ale rețelei Natura 2000, iar măsurile luate susțin capacitatea de adaptare a zonei.

Având în vedere datele ce arată că un nivel ridicat de biodiversitate este o condiție pentru capacitatea adaptativă a ecosistemelor, este esențial ca rețelele să fie integrate în planificarea spațială la un nivel care să faciliteze modificarea arealului speciilor după necesități. În acest mod, în cazul unor pierderi de specii ce nu pot fi evitate, acestea pot fi compensate de speciile nou venite astfel încât capacitatea adaptativă a sistemului se păstrează. În pofida schimbării compoziției biodiversității, ecosistemul are șanse crescute de-ași păstra reziliența. Un astfel de ecosistem rezilient asigură funcții și pentru altele- oferă, de exemplu, controlul dăunătorilor, asigură arii de recreere și posibilități de adaptare la extremele meteorologice în zonele urbane.

Relocarea speciilor ca și strategie adaptativă

Pentru multe specii, schimbarea condițiilor din arealul pe care îl ocupă le forțează să migreze spre habitate ce oferă condiții mai potrivite (spre poli sau spre altitudine mai ridicată) însă fragmentarea peisajului sau limitările capacității de dispersie reduc viteza sau succesul schimbărilor de areal așa încât unele specii sunt amenințate de extincție (Pörtner *et al.*, 2021).

Pentru a putea păstra speciile cele mai sensibile, strategiile de management sau opțiunile ce urmăresc mutarea speciilor în situri noi, mai potrivite, pot fi considerate ca și ultimă opțiune. Înainte de începerea procesului, este important să evaluăm șansele de succes ale asistenței umane și eficiența altor măsuri de conservare precum creșterea conectivității și Infrastructura Verde pentru a facilita prin intermediul lor mutarea. Există trei opțiuni de management care vizează susținerea unei specii în arealul său sau expansiunea acestuia ce pot fi menționate:

- **Re-introducerea:** demersul de stabilire a unei specii într-o zonă care a făcut parte din arealul istoric al speciei însă din care a dispărut;
- **Translocarea:** mutarea deliberată și mediată a unor indivizi sau populații sălbatice dintr-o parte a arealului în alta;
- **Introducerea conservativă sau migrarea asistată:** demersurile de stabilire a unei specii, pentru scopuri de conservare, în afara arealului de distribuție cunoscut, dar într-un zonă potrivită eco-geografică. Această opțiune de management poate fi descrisă ca și mutarea fizică a speciei într-un habitat nou, potrivit, în afara ariei de origine.

Re-introducerile și translocările sunt bine studiate și există numeroase ghiduri ce detaliază procesul. Multe dintre aceste proiecte sunt conectate cu programe de reproducere (*in situ* sau *ex situ*). Asemenea populații experimentale pot fi esențiale pentru existența speciilor și introducerea speciilor în habitate noi adecvate.

Selecția speciilor, a siturilor candidate și posibilităților tehnice pentru relocare trebuie dezbătute în prealabil. Un element important preliminar este și analiza riscurilor și

incertitudinilor biologice, cadrul legal, al fezabilității economice și tehnice și al probabilității de acceptare socială (Hunter, 2007).

VI.1.3 Implementarea și monitorizarea opțiunilor de adaptare climatică

După ce sunt identificate strategiile, măsurile și opțiunile pentru adaptarea climatică, se elaborează un Plan de acțiune privind adaptarea climatică în care sunt specificate toate modalitățile de implementare și monitorizare a măsurilor de adaptare și atenuare a efectelor schimbărilor climatice. Planul de acțiune privind adaptarea climatică are rolul de a converti opțiunile de adaptare în acțiuni de adaptare climatică. În același timp, deoarece activitățile de adaptare pot aborda amenințări sau impacturi care sunt previzionate să apară doar pe viitor, administratorii de AP implicați în planificarea și implementarea adaptării climatice trebuie să prezinte abordarea și raționamentul ales, în mod repetat tuturor părților interesate. În acest sens se întocmește un plan de comunicare a măsurilor alese ca parte integrantă a Planului de adaptare.

Datorită importanței majore a asigurării conectivității funcționale se va întocmi un plan de acțiune pentru identificarea și desemnarea coridoarelor și a refugiilor climatice la nivelul rețelei regionale și/sau naționale de arii protejate.

Monitorizarea și evaluarea stau la baza identificării proceselor adecvate de adaptare climatică, precum și la selectarea unor acțiuni de management de succes permițând astfel aplicarea unui management adaptativ. Un program de monitorizare și evaluare bine conceput arată modul în care acțiunile de management abordează vulnerabilitatea climatică și măsoară modul în care aceste acțiuni contribuie la adaptare.

Utilizarea unui instrument de urmărire a eficienței managementului poate ajuta la monitorizarea modului în care aspectele legate de schimbările climatice sunt încorporate în proiectarea și managementul AP. În acest sens, dezvoltarea unei platforme web integrate, poate reprezenta un instrument util în implementarea și monitorizarea eficienței acțiunilor de adaptare climatică. Integrarea și publicarea on-line a informațiilor cu privire la Planul de adaptare climatică, partenerii implicați și principalele rezultate obținute, poate contribui la creșterea capacității administrative a ariilor protejate și la conservarea biodiversității. În acest sens informațiile minim necesare de inclus ar fi:

- ✓ Scenariile climatice previzionate pentru arii și rețeaua de arii protejate
- ✓ Limitele ariilor protejate
- ✓ Lista speciilor și a habitatelor vulnerabile din punct de vedere climatic
- ✓ Numărul și procentul de specii evaluate ca fiind vulnerabile la schimbările climatice
- ✓ Hărți interactive pentru interogarea atributelor privind vulnerabilitatea climatică și acțiunile de adaptare adecvate
- ✓ Coridoarele și refugiile climatice identificate
- ✓ Planul și calendarul acțiunilor de adaptare climatică
- ✓ Planul de comunicare și implicare a factorilor interesați

Un alt element cheie al implementării managementului schimbărilor climatice este construirea capacității de adaptare atât prin pregătirea resursei umane cât și prin consolidarea instrumentelor și a platformelor informatice pentru stocarea și analizarea datelor în sistem real (aproape real). Majoritatea analizelor de vulnerabilitate și conectivitate spațială realizate până în prezent în ariile protejate au ca rezultate hărțile de vulnerabilitate bioclimatică ce reprezintă distribuția spațială a arealului speciilor, habitatelor sau ecosistemelor care sunt mai mult sau mai puțin vulnerabile și expuse la schimbările climatice actuale și viitoare (Magness *et al.*, 2011; Foden *et al.*, 2013; HABIT-CHANGE, 2013; UNEP, 2019; Hilty *et al.*, 2020). Astfel, realizarea unei platforme GIS care să conțină și să prelucreze layerele de distribuție a datelor biotice, abiotice și climatice, inclusiv date de teledetecție (LIDAR și imagini multi- și/sau hiper-spectrale) ar contribui la creșterea capacității administrative ale AP în sensul monitorizării și adaptării acțiunilor de management la schimbările climatice (Lang and Langanke, 2005; Magness *et al.*, 2011; Boateng, 2012; Förster *et al.*, 2014).

VI.2. Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul ariilor naturale protejate, biodiversității și serviciilor ecosistemice

Analiza oportunității

Economia mediului este prin natura sa un concept spațial, întrebările pe care disciplinele conexe le pun invocând tocmai această dimensiunea spațială. În pofida acestui caracter, soluțiile abordate sunt frevent naive în special ceea ce privește adresarea acestei dimensiuni. În elaborarea analizelor ce adresează economia mediului, distribuțiile spațiale sunt adesea considerate ca fiind o constrângere sau un factor exogen ce trebuie eliminat sau controlat, și nu ca pe o latură explicativă a protecției mediului.

Protecția mediului se referă la orice activitate de menținere sau de restabilire a calității mediului înconjurător prin activități de prevenire sau reducere. Conform Gajos și Sierka E., 2012, ea poate consta în modificări ale caracteristicilor bunurilor și serviciilor, schimbări în modelele de consum, schimbări în tehnicile de producție, tratarea sau eliminarea reziduurilor în instalații separate de protecție a mediului, reciclare și probabil cea mai importantă, prevenirea degradării peisajului și a ecosistemelor.

1. Sisteme Informaționale Geografice

Un sistem informațional geografic (GIS) este definit ca fiind "un sistem pentru capturarea, stocarea, verificarea, integrarea, manipularea, analiza și afișarea datelor cu caracter geo-spațial" (COPPOCK, 2010). Utilizarea termenului poate fi însă confuză: poate fi folosit pentru a descrie un program informatic, sau uneori pentru a se referi la sisteme

operaționale concepute pentru a sprijini activități antropice. Elementul definitoriu care separă cele două concepte este rezumat în ultimele cuvinte ale definiției de mai sus; GIS sunt special concepute pentru analiza datelor care au o referință geo-spațială. Prin urmare, utilitatea lor este evidentă numai atunci când relațiile geografice sau spațiale constituie elemente semnificative în problema analizată.

Irwin și Geoghegan, 2001 susțin că în orice abordare de modelare care utilizează date spațiale, există două aspecte esențiale: cum se utilizează datele "corect" și cum se utilizează "creativ". Prima se referă la aspecte de econometrie spațială, iar cea de a doua se referă la dezvoltarea unor modalități de a crea perspective din datele spațiale care pot fi utilizate pentru a ne îmbunătăți înțelegerea forțelor motrice care stau la baza proceselor spațiale.

Tehnologiile GIS au fost aplicate pe scară largă în toate domeniile științifice și activitățile practice. În ceea ce privește gestionarea mediului, utilizarea lor include un spectru larg, de la implementarea unor simple ecuații și vizualizarea datelor cadrului natural sub formă de hărți ale resurselor, sau vizualizarea concentrațiilor de poluanți în mediu și distribuția lor spațială (Fisher, Kelly and Romm, 2006). În plus, GIS este utilizat în mod obișnuit pentru planificarea și implementarea proceselor de gestionare a mediului (Rybaczuk, 2001), monitorizarea riscurilor, modelarea utilizării terenului (Zeilhofer, Schwenk and Onga, 2011) sau protecția pădurilor împotriva hazardurilor (Teich and Bebi, 2009). În cazul ariilor protejate și nu numai, GIS permite identificarea susceptibilității elementelor naturale la impactul antropic (Tomczyk, 2011) și gestionarea resurselor (Sierka, Molenda and Chmura, 2009). GIS este utilizat, de asemenea, pentru a monitoriza condițiile de mediu, inclusiv, printre altele, eutrofizarea lacurilor (Schultz *et al.*, 2017; Avram *et al.*, 2021; Niculae *et al.*, 2021), distribuția speciilor invazive, precum și pentru planificarea spațială (Aydin, Kentel and Duzgun, 2010). Analizele spațiale avansate servesc la efectuarea unor studii cuprinzătoare, multifactoriale ale evenimentelor trecute și prezente, precum și la prognozarea și examinarea condițiilor viitoare, fiind astfel extrem de importante pentru estimarea hazardelor naturale.

2. Analiza bibliometrică

Analiza de oportunitate se bazează pe un sumar de studii de analiză bibliometrică a literaturii de specialitate privind utilizarea tehnologiei GIS pentru protecția mediului, metodă putând fi replicată ulterior.

Pentru a selecta jurnalele necesare unui astfel de studiu, este recomandată orientarea către periodice de anvergură internațională. Platformele ce permit analize sistematice și obiective de evaluare critică a celor mai importante reviste din lume sunt deja disponibile, oferind informații statistice cuantificabile bazate pe datele de citare. Prin compilarea referințelor citate ale articolelor, este permisă măsurarea influenței și impactului cercetării la nivelul revistei și al categoriei și identificarea relației dintre revistele care citează și cele care sunt citate (Ankem, 2008). În acest sens, este recomandată analiza a cel puțin două categorii de jurnale: cele din domeniul protecției mediului: științele mediului, managementul mediului, monitorizarea mediului, amenajarea teritoriului și cele din domeniul tehnologiei GIS precum informatică, geografie, geostiințe, teledetectie.

Metodologia referințelor științifice ca și metodă de examinare științifică, este utilizată pentru a analiza lucrările științifice și pentru evaluarea *inter pares*. Esența evaluării de acest gen este de a adapta o nouă problemă la cunoștințele existente, astfel încât analiza și critica literaturii de specialitate sunt indispensabile. Bibliometria este tratată în textele de referință

ca o metodă sau disciplină de cercetare de natură statistică orientată pe studii cantitative ale textelor și informațiilor (Diodato, 1994). Astfel de analize sunt posibile deoarece revistele științifice ocupă un loc foarte important în ceea ce privește promovarea științei. Acestea oferă o platformă pentru investigarea tendințelor diverselor discipline.

Prin intermediul accesului în mare parte online la publicații periodice, utilizatorii pot afla cu ușurință stadiul de dezvoltare al diferitelor domenii de cercetare. O examinare continuă a literaturii de specialitate este necesară pentru a completa cunoștințele și a urmări dezvoltarea protecției mediului, indicând în același timp domeniile în care cercetarea este insuficientă sau care pot avea un impact asupra dezvoltării și formării tehnologiei GIS în domeniul protecției mediului.

Din rezultatele incipiente ale analizei bibliometrice, se pot evidențierea anumite limitări privind relațiile dintre problematica tehnologiei GIS și protecția mediului în activitățile practice, printre care se evidențiază detașat lacunele în cercetarea cu caracter geo-spațial în domeniul protecției mediului (baze de date privind poluarea aerului, solul, apei, date privind resurselor naturale, modele locale privind dispersia poluanților în mediu, modele de distribuție a riscurilor, relațiile dintre fenomenele naturale și cele antropice, lipsa de directive privind reconstrucția ecologică, influența activității umane asupra resurselor naturale) (Gajos and Sierka E., 2012). Literatura de specialitate indică de asemenea faptul că problemele privind aplicarea GIS în protecția mediului sunt mai frecvent discutate în publicațiile privind protecția mediului decât în cele privind GIS (Gajos and Sierka E., 2012). GIS, însă, ca și sferă de lucru este utilizat în domenii multiple, iar aplicarea sa în protecția mediului este doar una dintre componentele sale. Acesta este motivul pentru care modalitățile de realizare a unui asemenea sistem vor fi tratate separat într-o manieră semi-independentă de specificul studiilor de mediu.

Identificarea modalității de realizare

1. Surse de date

Una dintre deciziile majore cu care se confruntă orice proiect GIS se referă la construirea sau achiziționarea unei baze de date (Longley and Longley, 2001). Aceasta poate fi realizată fie printr-o anumită formă de colectare a datelor primare sau secundare, fie prin preluare din surse externe. Identificarea datelor adecvate se poate realiza prin intermediul studiilor asociate și centraliza diferitele potențiale surse. Cu toate acestea, nu este întotdeauna clar cum au fost produse datele furnizate de aceste surse. Fără informații despre variabile precum scara datelor originale, proiecția și nivelul de generalizare a caracteristicilor, poate fi dificil să se determine dacă un set de date este adecvat pentru o anumită sarcină. Prin urmare, o cerință esențială pentru datele externe este furnizarea de metadate corespunzătoare, astfel încât să se poată lua decizii în cunoștință de cauză cu privire la aplicațiile urmărite. În cazul în care este necesar un set de date deosebit de specializat sau unul care acoperă o zonă pentru care s-au făcut puține studii, este posibil să fie necesară colectarea de date prin tehnici de sondaj pe teren.

O altă problemă comună datelor provenite din surse externe este că acestea pot fi codificate în multe formate diferite (Longley and Longley, 2001). Aceste formate au evoluat ca răspuns la diverse cerințe ale utilizatorilor. Multe pachete GIS sunt capabile să interpreteze fișiere produse în formate multiple. Cu toate acestea, nivelul specific de suport oferit pentru diferitele formate diferă foarte mult de la un sistem la altul. În acest sens, o serie de organizații s-au grupat cu scopul de a standardiza diferite aspecte ale furnizării de date geografice.

Odată ce datele necesare pentru un anumit proiect sunt colectate, convertite într-un format adecvat și introduse într-un ansamblu GIS, următorul aspect esențial este modul în care vor fi utilizate. Este posibil ca datele să fie folosite pentru a crea noi variabile care să fie incluse în procese de estimare statistică. Prin urmare, funcționalitatea practică ce separă GIS de alte sisteme concepute pentru stocarea bazelor de date și analiza statistică, necesită atenție. În cadrul pachetelor non geo-spațiale de baze de date, precum foile de calcul și pachetele statistice standard, etichetele spațiale, cum ar fi codurile poștale, toponimiile și chiar referințele în sisteme de proiecție, sunt pur și simplu atribute, la fel ca oricare altele. Acestea pot fi interogate pentru a răspunde doar întrebărilor simple definite spațial. Într-un pachet GIS conform cu necesarul studiilor de mediu, este necesar ca datele spațiale să fie stocate separat de alte atribute, astfel încât se creeze o topologie geografică distinctă. În acest caz, pot fi puse în aplicare atât interogări de atribute, cât și, în mod esențial, interogări spațiale.

2. Specificul și limitările sistemelor GIS în tematici de mediu

Bateman *et al.*, 2002 sugerează abordarea unui ansamblu GIS în termeni de patru niveluri diferite de abstractizare. În primul rând, realitatea este alcătuită din fenomene din lumea reală. În al doilea rând, modelul conceptual este un model orientat spre om, adesea parțial structurat, al obiectelor și proceselor selectate care sunt considerate relevante pentru un anumit domeniu de probleme. În al treilea rând, modelul logic este o reprezentare a realității orientată spre implementare, care este adesea exprimată în termeni de interacțiuni spațiale probabile. În cele din urmă, modelul fizic descrie datele reale, structura fizică a acestora și modul în care sunt analizate.

Probabil cea mai răspândită utilizare a GIS în cadrul aplicațiilor de mediu constă în construirea unei mari varietăți de variabile pentru a fi utilizate în cadrul studiilor privind capacitatea de deservire a anumitor servicii ecosistemice. În cazul bunurilor de mediu, scopul este de a deduce echivalentul monetar bazat pe variația marginală a diferitelor caracteristici asociate cu disponibilitatea acestora. Cu toate acestea, dacă un GIS nu ar face decât să reproducă procedurile utilizate în studiile anterioare, atunci utilitatea sa nu s-ar regăsi decât în viteza de calcul. Datele spațiale disponibile deja, aproape exclusiv în format digital permit integrarea seturilor de date privind echivalentele monetare cu alte informații spațiale.

Ca un ajutor suplimentar pentru studiile monetare, GIS poate fi utilizat pentru a furniza informații despre topografie, care poate avea un efect profund asupra influenței atributelor mediului local, deoarece aceasta dictează în mare măsură relațiile spațiale (Paterson and Boyle, 2002). Deși astfel de modele hedoniste sunt adesea folosite pentru a atribui o valoare facilităților de mediu, acestea pot fi utilizate și pentru a deduce costurile potențiale asociate limitărilor de mediu, precum sururile periculoase și poluarea aerului, a zgomotului și a apei. În strânsă legătură cu aplicarea unor astfel de modele de corelare a serviciilor mediului înconjurător cu beneficiile centrate pe oameni, dezvoltarea metodologiilor de cuantificare și prioritizare a conservării spațiilor naturale a devenit un subiect politic important. Analize legate de schimbarea utilizării și acoperirii terenurilor din perspectiva modelării relațiilor spațiale și temporale ale conversiei terenurilor au permis înțelegerea cauzelor și consecințelor acestora (Irwin and Geoghegan, 2001).

După cum se poate observa, funcționalitatea oferită de GIS poate îmbunătăți considerabil încorporarea aspectelor spațiale în economia aplicată a mediului și a resurselor. Cu toate acestea, trebuie subliniat faptul că un GIS nu este soluția universală în ceea ce privește

îmbunătățirea analizei datelor. Într-adevăr, calitatea rezultatelor obținute depinde de o serie de factori comuni oricărei analize cantitative, cum ar fi acuratețea informațiilor de intrare, caracterul adecvat al structurilor de date și alegerea instrumentelor analitice utilizate. În plus, aplicarea analizelor specifice GIS introduce un set de noi preocupări care includ aspecte legate de reprezentarea spațială și de confidențialitatea datelor.

Deciziile privind scara adecvată a datelor spațiale, nivelul de agregare a datelor și frecvența măsurătorilor trebuie luate încă de la începutul oricărei analize GIS. Aceste decizii nu sunt triviale și pot avea un impact semnificativ asupra modului în care pot fi interpretate rezultatele obținute în cele din urmă. La nivel teoretic, unitățile adecvate pentru analiza spațială depind de întrebările ridicate ("People and Pixels," 1998). De exemplu, aspectele legate de deplasarea și migrația speciilor tind să se bazeze pe aspecte climatice macro, în timp ce informațiile legate de accesul la diferite resurse pot necesita o analiză la scară regională. Unele probleme necesită chiar o analiză la mai multe scări. De exemplu, studiile privind schimbările în utilizarea și acoperirea terenurilor necesită informații simultane la nivelul speciei și al categoriilor definite de colectivități de specii, cât și al amprentei antropice care influențează utilizarea terenurilor prin factori proximi și cicluri decizionale. Chiar și infrastructura, și informațiile privind aspecte legislative regionale care dictează strategiile de dezvoltare strategică pot fi foarte importante ("People and Pixels," 1998). Cu toate acestea, în practică, prezența unor limitări privind disponibilitatea datelor are adesea o influență cel puțin la fel de mare asupra alegerii agregării utilizate ca și orice considerație teoretică privind oportunitatea diferitelor scări.

În cazurile în care se utilizează date obținute prin teledetecție, caracteristicile senzorilor vor impune cele mai mari limitări asupra scării spațiale a analizei, deoarece acestea vor dicta rezoluția imaginilor disponibile și frecvența cu care se pot face determinări. Îmbunătățirile recente ale sistemelor civile de sateliți înseamnă că imaginile cu o rezoluție de ordinul metrilor sau mai bună sunt din ce în ce mai frecvente, deși chiar și la cele mai fine niveluri pot exista dificultăți în determinarea locației obiectelor sau în distingerea diferențelor subtile de acoperire a terenului.

Chiar și în cazurile în care scara și rezoluția datelor sunt acceptabile, pot apărea și alte limitări, deoarece multe spații în care au loc interacțiuni mediu-antropic nu pot fi ușor de reprezentat într-un GIS; reprezentările cartografice ale lumii reale tind să reprezinte entități fizice, nu spații de interacțiune.

Există destul de puțină înțelegere a modului în care structurile spațiale complexe se suprapun și ar trebui să fie reprezentate într-un GIS. O soluție la această problemă este reprezentarea caracteristicilor la o scară foarte agregată, prin reprezentarea unor unități geografice mari, în cadrul cărora se poate presupune că este mai probabil ca variabilitatea să fie limitată. Cu toate acestea, este posibil ca multe procese potențial importante să nu fie vizibile la aceste niveluri înalte de agregare.

Presupunerea că există o singură realitate obiectivă și că aceasta poate fi măsurată este o viziune naivă, air alegerile făcute cu privire la modul în care informațiile vor fi încorporate într-un sistem vor fi întotdeauna bazate pe un raționament subiectiv sau arbitrar. Prin urmare, orice reprezentare GIS nu poate oferi decât o imagine selectivă a realității.

Există deci un domeniu de aplicare considerabil pentru dezvoltarea continuă a aplicațiilor GIS în domeniul mediului și în special al economiei mediului, precum evaluarea monetară a serviciilor ecosistemice. Tehnicile abordează în mod direct multe dintre limitările



în ceea ce privește prelucrarea datelor și modelarea care au restricționat investigațiile anterioare.

Inventarul ariilor naturale protejate este elaborat și actualizat de către Agenția Națională pentru Arii Naturale Protejate și poate fi accesat la următoarea adresă web: <http://anap.gov.ro/inventarul-ariilor-naturale-protejate/>.

În cadrul paginii web a Agenției Naționale pentru Arii Naturale Protejate se regăsește inclusiv o bază de date cu privire la ariile naturale protejate ale României (<http://anap.gov.ro/ariile-naturale-protejate-ale-romaniei/>), care va fi luată ca punct de plecare al studiului de față, pentru identificarea și selectarea bazelor de date și a altor resurse de informații geospațiale utile și utilizabile. În acest demers, vom aborda tipurile de baze de date și alte surse de informații geospațiale existente la nivel național și internațional, alături de formularea câtorva recomandări privind cumularea informațiilor geospațiale gestionate de ANANP la nivel național.

a. Tipuri de baze de date existente la nivel internațional

b. Baza de date Protected Planet

Website: <https://www.protectedplanet.net>

Baza de date Protected Planet reprezintă o sursă de informare cu privire la ariile naturale protejate la nivel global, este actualizată lunar cu date provenind de la instituții naționale, organizații non-guvernamentale, comunități etc. Este administrată de United Nations Environment World Conservation Monitoring Centre cu suport din partea IUCN. Este o bază de date publică, în cadrul căreia utilizatorii pot avea acces la diverse informații legat de ariile naturale protejate, statistici.

Utilizatorii pot descarca câte un formular PDF cu informațiile aferente fiecărei arii naturale protejate pe care o investighează, precum și limitele în format GIS.

Tipurile de categorii de informații disponibile în cadrul acestei baze de date sunt redate în figura de mai jos.

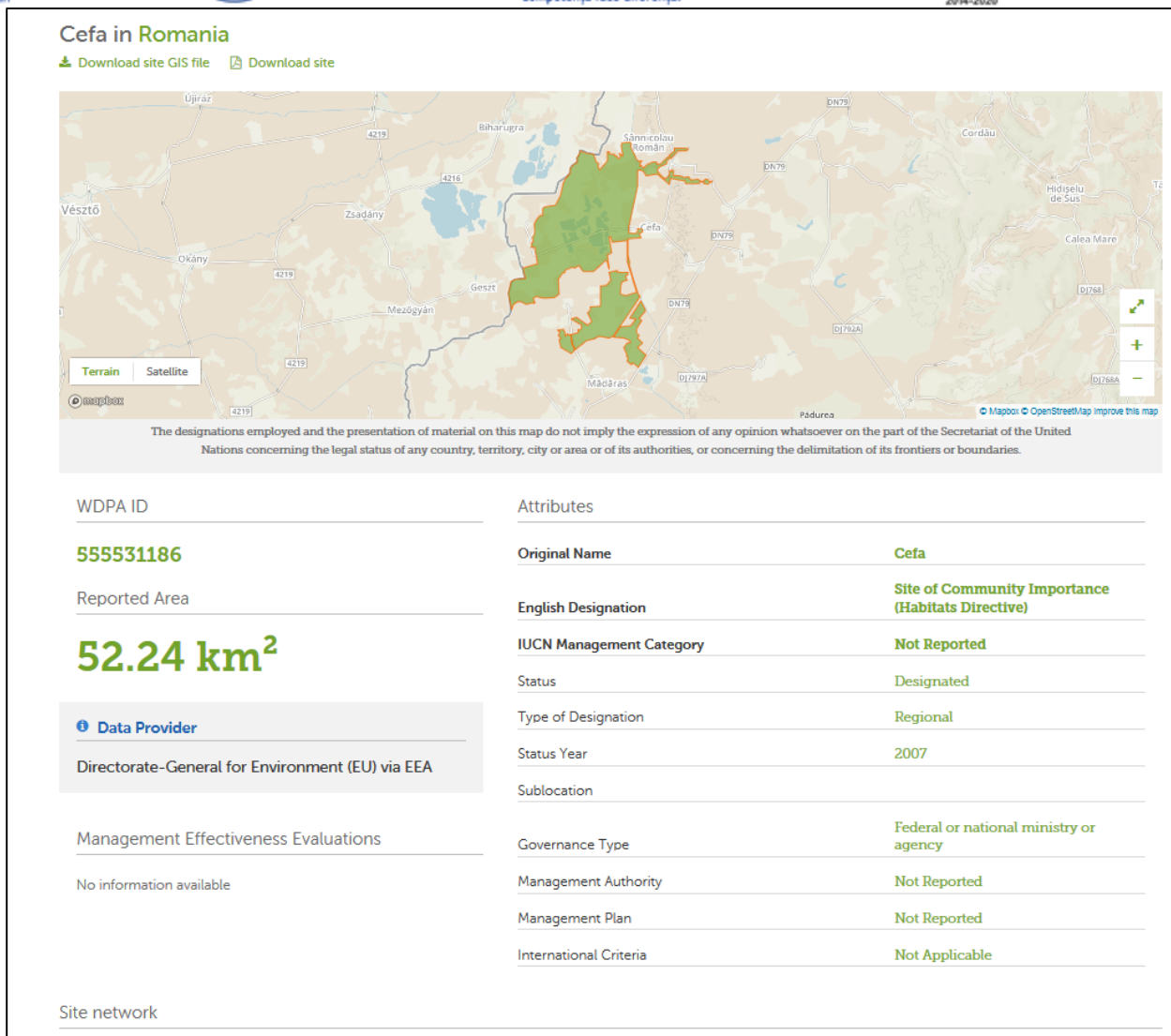


Figura 32. Secvență 1 baza de date Protected Planet

Pe lângă informațiile din figura de mai sus, baza de date oferă informații și despre relația cu alte arii protejate învecinate, inclusiv din alte țări.

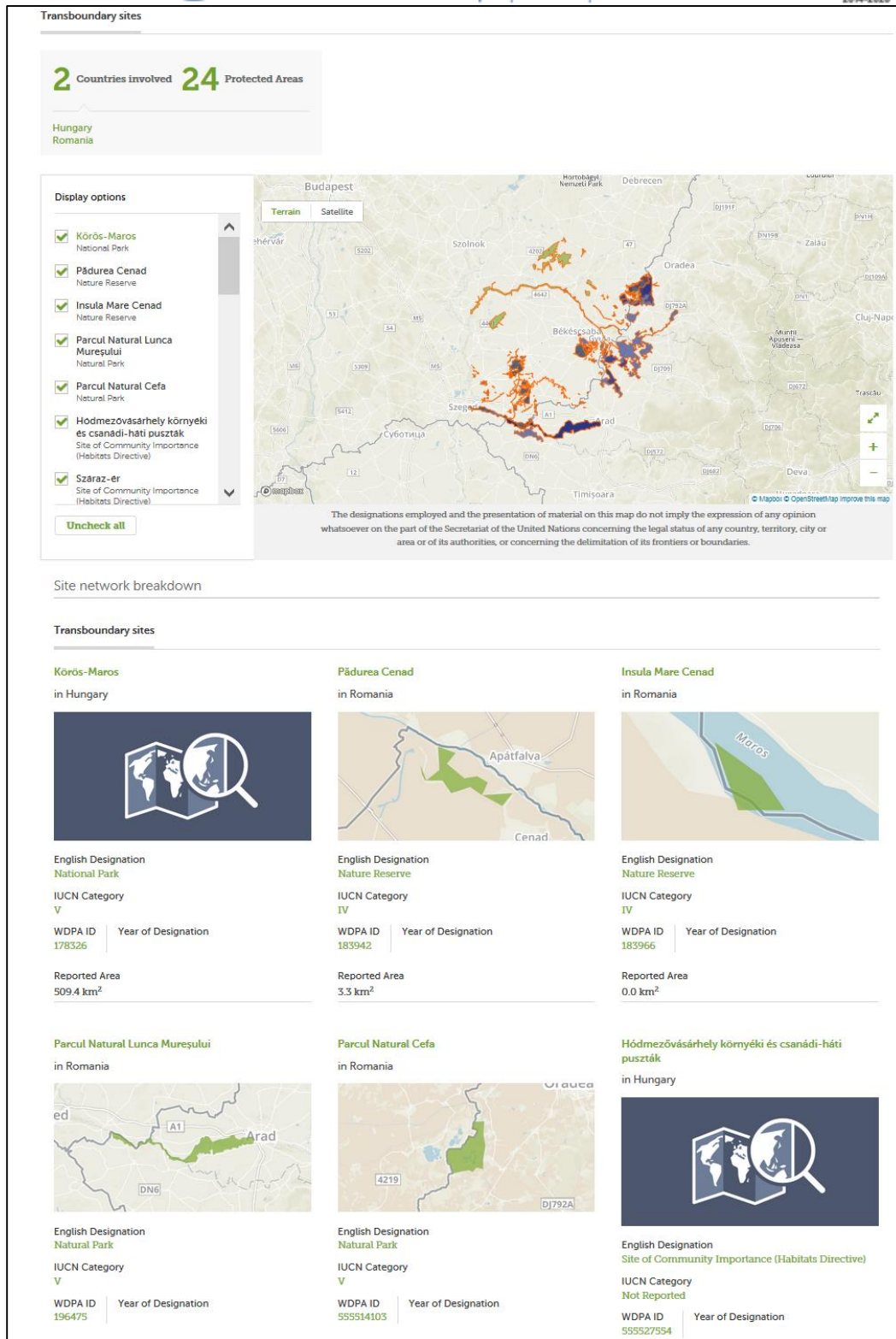


Figura 33. Secvență 2 baza de date Protected Planet

Deși categoriile de informații existente în această bază de date sunt extrem de utile, s-a observat că pentru majoritatea ariilor protejate din România, multe informații nu sunt raportate.

c. Baza de date European Protected Sites

Website:

<http://maps.eea.europa.eu/EEABasicViewer/v3/index.html?appid=07661dc8a5bc446fafcfe918c91a1b1b&displaylegend=true&embed=false>

Baza de date este asociată unei hărți interactive pe care sunt reprezentate toate ariile protejate din Europa, fiecareia dintre acestea fiind asociate o serie de atribute generale, cum ar fi numele ariei naturale protejate, codul și tipul ariei naturale protejate.

d. Baza de date European Nature Information System (EUNIS)

Website: <https://eunis.eea.europa.eu/>

Baza de date oferă informații despre habitatele, speciile și ariile naturale protejate din Europa.

Informațiile despre ariile naturale protejate conțin informații despre numele ariei naturale protejate, țara, numele sitului, categorie, localizare și suprafață (vezi fig. 3).

Source data set	Country	Site name	Designation type	Longitude	Latitude	Size(ha)
Natura 2000	Romania	Cefa	n/a	21.665383	46.909205	5224.10
Natura 2000	Italy	Boschi di Gibilmanna e Cefalù	n/a	14.028611	37.993056	2570.00
CDDA National	United Kingdom	Fleecefaulds Meadow	Site of Special Scientific Interest (UK)	-2.970197300	56.267191700	11.86
CDDA National	Romania	Parcul Natural Cefa	Parc natural	21.660240	46.926280	5003.80
Natura 2000	Italy	Pareti rocciose di Cala del Cefalo	n/a	15.330556	40.021389	38.00
Natura 2000	Romania	Pescăria Cefa - Pădurea Rădvani	n/a	21.649953	46.887428	12093.30
CDDA National	Italy	Riserva naturale orientata Bagni di Cefalà Diana e Chiarastella	Riserva naturale regionale/provinciale	13.481322200	37.925285100	138.00
Natura 2000	Italy	Rocca di Cefalù	n/a	14.026578	38.037029	36.00
Natura 2000	Italy	Scoglio del Mingardo e spiaggia di Cala del Cefalo	n/a	15.330278	40.018889	71.00
CDDA National	United Kingdom	Cefn Onn	Site of Special Scientific Interest (UK)	-3.191424300	51.559675100	6.33
Source data set	Country	Site name	Designation type	Longitude	Latitude	Size(ha)

Figura 34. Secvență 1 baza de date EUNIS

e. Baza de date Natura 2000

Website: <http://natura2000.eea.europa.eu/>

Baza de date este asociată unei hărți interactive pe care sunt reprezentate toate ariile protejate Natura 2000 din Europa, fiecareia dintre acestea fiind asociate o serie de atribute generale, cum ar fi numele ariei naturale protejate, codul și tipul ariei naturale protejate, precum și câte un link către vizualizarea formularului standard al sitului și a limitei sitului în GoogleEarth.

b. Tipuri de baze de date existente la nivel național

Baza de date ANANP

Website: <http://anap.gov.ro/ariile-naturale-protejate-ale-romaniei/>

Informații de interes:

- Categoriile de Arii Naturale Protejate ale României:
 - lista categoriilor de arii naturale protejate existente la nivel național;
 - o scurtă descriere a fiecărui tip de arie naturală protejată.
- Rețeaua Națională de Arii Naturale Protejate ale României:
 - lista ariilor naturale protejate de interes național - categorii desemnate pe baza criteriilor IUCN (Situatii pe categorii conform proiect INSPIRE):
 - prezentarea câtorva informații de bază pentru fiecare categorie de arie naturală protejată (număr de arii protejate, suprafața totală, suprafața ariilor care dețin un plan de management, procent din suprafața României, numărul ariilor protejate care dețin plan de management);
 - link-uri spre paginile web ale parcurilor naționale și parcurilor naturale.
 - lista ariilor naturale protejate de interes internațional:

link-uri spre paginile web ale siturilor aparținând patrimoniului mondial natural și cultural, rezervațiilor biosferei, zonelor umede de importanță internațională și geoparcurilor (obs.: acolo unde nu există un website al ariei naturale protejate, link-ul face trimitere spre pagina Wikipedia a ariei respective).

The screenshot shows the ANANP website interface. At the top, there are logos for the European Union, the Romanian Government, POCA, and the 2014-2020 Structural Instruments. The main header identifies the 'Agenția Națională pentru Arii Naturale Protejate'. The page title is 'Ariile Naturale Protejate ale României'. Below the title, there are several sections: 'Categori de Arii Naturale Protejate ale României' with a list of categories; 'Rețeaua Națională de Arii Naturale Protejate ale României' with a list of national sites; 'Arii Naturale Protejate - Cod Național și Cod Inspire' with a table of codes; and 'Limitele Ariilor Naturale Protejate ale României' with a map of Romania showing protected areas. The footer contains contact information and logos for ANANP and the European Union.

Figura 35. Secvență bază de date ANANP

- lista ariilor naturale protejate de interesele comunitare (situri Natura 2000).
 - prezentarea câtorva informații de bază pentru categoriile SCI și SPA (număr de arii protejate, suprafața totală, suprafața ariilor care dețin un plan de management, procent din suprafața României, numărul ariilor protejate care dețin plan de management);
 - link-uri spre două tabele în format .pdf, care conțin lista ariilor protejate de tip SCI, respectiv SPA (în fiecare tabel sunt trecute informații privind

numele ariei naturale protejate, codul național, codul INSPIRE și tipul - SCI/SPA).

- Arii Naturale Protejate - Cod Național și Cod Inspire:
 - link-uri spre tabele în format .pdf privind lista ariilor naturale protejate aferente siturilor de importanță comunitară, ariilor de protecție avifaunistică, rezervațiilor și monumentelor naturii, RAMSAR, rezervațiilor biosferei, siturilor aparținând patrimoniului mondial (în fiecare tabel sunt trecute informații privind numele ariei naturale protejate, codul național, codul INSPIRE și tipul).
- Limitele Ariilor Naturale Protejate ale României:
 - o hartă în care sunt prezentate limitele câtorva tipuri de arii naturale protejate din România (Delta Dunării, rezervații, parcuri, SCI și SPA).
 - obs.: link-ul încorporat în hartă nu funcționează.

Baza de date a Ministerului Mediului

Website: <http://www.mmediu.ro/categorii/protectia-naturii/4>

Informații de interes:

- Secțiunea Arii naturale protejate:
 - Informații actualizate până la data de 21 noiembrie 2017 (inclusiv baza de date privind aprobarea planurilor de management).
- Secțiunea Date GIS
 - Setul de date spațiale privind limitele ariilor naturale protejate din România, cu ghid de utilizare (17 februarie 2015).

The screenshot displays the website of the Ministry of Environment, featuring a navigation menu on the left and a main content area with a list of news items. The news items include titles, dates, and brief descriptions of various environmental and administrative topics.

Data	Titlu	Descriere
22 Iul 2017	Ordiin de elaboreare și aprobare pentru evaluarea planurilor de management pentru arii naturale protejate	În cadrul proiectului „Cercetarea capacității administrative a Ministerului Mediului și a Inspectoratului de Protecția Naturii în vederea implementării POCA 2014-2020, au fost elaburate Ordiinile de elaboreare și aprobare de servirea a planurilor de management pentru arii naturale protejate.
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...
02 Dec 2016	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...	Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor anunță deschiderea aplicațiilor de-așezare la depunerea de deșeurile...

Figura 36. Secvență 1 baza de date Ministerul Mediului

Date GIS

Data publicării : 17 Feb 2015



Arii naturale protejate:

[29.08.2017]

Zonarea internă GIS a parcurilor naționale și naturale (conform prevederilor planurilor de management):

- Parcul Național Călimani
- Parcul Natural Balta Mică a Brăilei
- Parcul Natural Bucegi
- Parcul Național Munții Măcinului
- Parcul Național Piatra Craiului
- Parcul Natural Grădiștea Muncelului Cioclovina
- Parcul Natural Porțile de Fier

Rețeaua Natura 2000:

[29.08.2017] Limitele în format GIS ale siturilor Natura2000

- Limitele regiunilor biogeografice
- Distribuția speciilor și habitatelor (raportare conform art. 17 din Directiva Habitate)
- Distribuția speciilor de păsări (raportare conform art. 12 din Directiva Păsări)

Convenția Carpatică

Limita de aplicare a Convenției privind protecția Carpaților (Proiecție Stereo 1970)

Siturile candidat UNESCO (tentative list)

Istoric date spațiale

Rețeaua Natura 2000 - date istorice

Limitele zonelor de conservare specială în proiecție Stereo 1970

Limitele zonelor de conservare specială în proiecție Stereo 1970 (la nivel de parcelă)

Limitele rezervațiilor biosferei, parcurilor naționale și parcurilor naturale conform HG 230/2003 (proiecție GAUSS KRUGER zona 4 sau zona 5)

- > Rezervația Biosferei Delta Dunării
- > Parcul Național Domogled - Valea Cernei
- > Parcul Național Retezat
- > Parcul Natural Porțile de Fier
- > Parcul Național Cheile Nerei – Beușnița
- > Parcul Natural Apuseni
- > Parcul Național Munții Rodnei
- > Parcul Natural Bucegi
- > Parcul Național Cheile Bicazului – Hășmaș
- > Parcul Național Ceahlău
- > Parcul Național Călimani
- > Parcul Național Cozia
- > Parcul Național Piatra Craiului
- > Parcul Natural Grădiștea Muncelului – Cioclovina
- > Parcul Național Semenic – Cheile Carașului
- > Parcul Național Munții Măcinului
- > Parcul Natural Balta Mică a Brăilei
- > Parcul Natural Vânători – Neamț

Figura 37. Secvență 1 baza de date Ministerul Mediului

Baza de date ANPM

Website: <http://www.anpm.ro/arii-naturale-protejate>

Secțiuni de interes:

- Arii naturale protejate de interes național:

The screenshot displays the 'Biodiversitate' section of the ANPM website. On the left is a navigation menu with the following items: > Cadru legislativ, > Proiect SINCRON, ≡ Proiect „Nature4Decision-making (N4D)”, ≡ Arii naturale protejate (expanded), > Arii naturale protejate de interes național (highlighted), > Natura 2000, > Arii naturale protejate de interes internațional, > Custodii, > Limite GIS, > Grădini zoologice acvarii publice centre de reabilitare, > Planuri de management si Regulamente, > Habitate si Specii, ≡ Informatii Biodiversitate, > Informatii Natura 2000, > RNI-IBIS. The main content area features four article cards:

- Descriere**: Ariile naturale protejate de interes național care compun rețeaua națională de arii naturale protejate din România, au fost desemnate conform clasificării Uniunii Internaționale a... [Read More »](#)
By ANPM Bucuresti | Data adaugarii: 30/10/2015 | Data modificarii: 04/10/2017
- "Procesul de elaborare a planurilor de management pentru arii protejate din România" elaborat de Michael R Appleton**: "Procesul de elaborare a planurilor de management pentru arii protejate din România" elaborat de Michael R Appleton [Read More »](#)
By ANPM Bucuresti | Data adaugarii: 17/08/2010 | Data modificarii: 17/08/2010
- Eurosite Management Planning Toolkit**: Eurosite Management Planning Toolkit [Read More »](#)
By ANPM Bucuresti | Data adaugarii: 17/08/2010 | Data modificarii: 17/08/2010
- Lista ariilor naturale protejate de interes național din România**: Lista ariilor naturale protejate de interes național din România [Read More »](#)
By ANPM Bucuresti | Data adaugarii: 29/09/2010 | Data modificarii: 15/02/2018

Figura 38. Secvență 1 baza de date ANPM

- Natura 2000

Biodiversitate

- > Cadru legislativ
- > Proiect SINCRON
- ≡ Proiect „Nature4Decision-making (N4D)”
- ≡ Arii naturale protejate
 - > Arii naturale protejate de interes național
 - > **Natura 2000**
 - > Arii naturale protejate de interes internațional
 - > Custodii
 - > Limite GIS
- > Grădini zoologice acvarii publice centre de reabilitare
- > Planuri de management si Regulamente
- > Habitate si Specii
- ≡ Informatii Biodiversitate
- > Informatii Natura 2000
- > RNI-IBIS

Lista siturilor Natura 2000
Lista siturilor de importanță comunitară (SCI) Lista ariilor de protecție specială avifaunistică (SPA)
[Read More »](#)
By ANPM Bucuresti Data adaugarii: 17/08/2010 Data modificarii: 04/10/2017

Formularele standard Natura 2000
Formularele standard Natura 2000 sunt disponibile pe site-ul Ministerului Mediului la linkul: <http://www.mmediu.ro/articol/natura-2000/435>
[Read More »](#)
By ANPM Bucuresti Data adaugarii: 17/08/2010 Data modificarii: 04/10/2017

Figura 39. Secvență 2 baza de date ANPM

- Arii naturale protejate de interes internațional

Biodiversitate

- > Cadru legislativ
- > Proiect SINCRON
- ≡ Proiect „Nature4Decision-making (N4D)”
- ≡ Arii naturale protejate
 - > Arii naturale protejate de interes național
 - > Natura 2000
 - > **Arii naturale protejate de interes internațional**
 - > Custodii
 - > Limite GIS
- > Grădini zoologice acvarii publice centre de reabilitare
- > Planuri de management si Regulamente
- > Habitate si Specii
- ≡ Informatii Biodiversitate
- > Informatii Natura 2000
- > RNI-IBIS

REZERVAȚII ALE BIOSFEREI
Rezervații ale biosferei
[Read More »](#)
By ANPM Bucuresti Data adaugarii: 17/08/2010 Data modificarii: 06/02/2012

SITURI RAMSAR
SITURI RAMSAR
[Read More »](#)
By ANPM Bucuresti Data adaugarii: 17/08/2010 Data modificarii: 22/05/2013

Figura 40. Secvență 3 baza de date ANPM

- Custodii

Biodiversitate

- > Cadru legislativ
- > Proiect SINCRON
- ≡ Proiect „Nature4Decision-making (N4D)”
- ≡ Arii naturale protejate
 - > Arii naturale protejate de interes național
 - > Natura 2000
 - > Arii naturale protejate de interes internațional
 - > **Custodii**
 - > Limite GIS
- > Grădini zoologice acvarii publice centre de reabilitare
- > Planuri de management si Regulamente
- > Habitate si Specii
- ≡ Informatii Biodiversitate
 - > Informatii Natura 2000
 - > RNI-IBIS

Situație custodii arii naturale protejate la data de 31 martie 2017

Situație custodii arii naturale protejate la data de 31 martie 2017 NOTĂ : Având în vedere că începând din data de 1 mai 2017 a intrat în vigoare Legea nr. 95/2016 privind înființarea...
[Read More »](#)

By ANPM Bucuresti Data adaugarii: 08/04/2015 Data modificarii: 04/10/2017

Figura 41. Secvență 4 baza de date ANPM

- Limite GIS

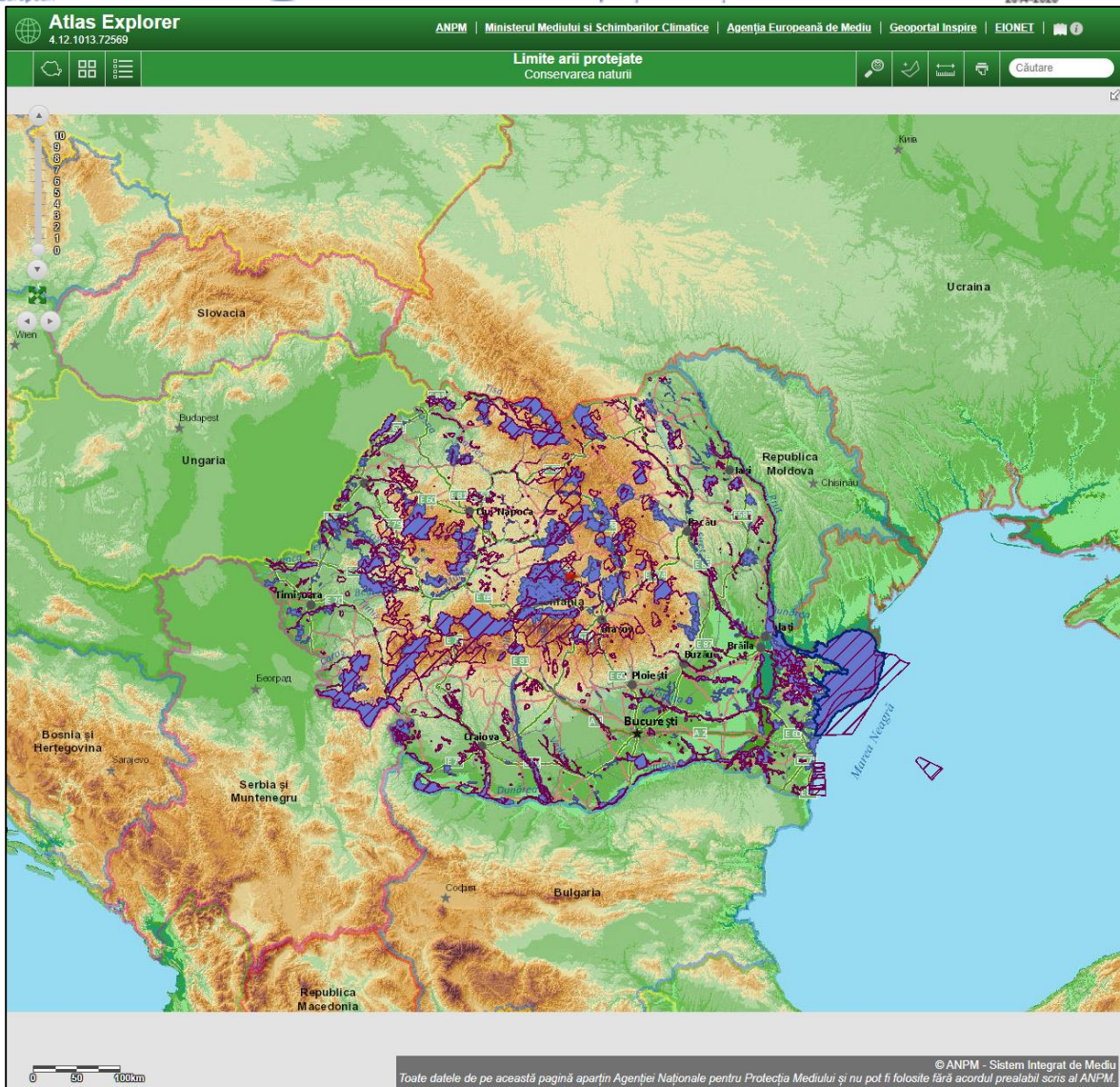


Figura 42. Secvență 5 baza de date ANPM

- Informațiile geospațiale privind ariile naturale protejate pot fi vizualizate și exportate în format imagine și fișier .mxd (<http://atlas.anpm.ro/atlas>).

Baza de date IBIS

Website: <http://natura.anpm.ro/>

Secțiuni de interes:

- Natura 2000

The screenshot shows the 'Natura 2000' database interface. At the top, there are navigation tabs: 'Raportare', 'Situri', 'Istoric', 'Documente', 'Analize', 'Liste de referință', 'Audit', 'Raportare', 'Atlas', and 'Manual'. Below these are search and filter options for 'Stare sit', 'Nume sit', 'Bioregiune', 'Regiune', 'Judet', and 'Autor'. A table lists various sites with columns for 'Validare sit', 'Stare sit', 'Verif retrag', 'Valid retrag', 'Cod național', 'Nume', 'Ite', 'Bioregiuni', 'Judete', and numerical data for habitat types (H, B, M, A, F, N, P, R, L, D). It also includes 'Autor', 'Data adaugare', 'Data modificare', 'Com', 'Fisa', and 'Operati'.

Validare sit	Stare sit	Verif retrag	Valid retrag	Cod național	Nume	Ite	Bioregiuni	Judete	H	B	M	A	F	N	P	R	L	D	Autor	Data adaugare	Data modificare	Com	Fisa	Operati
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0274	Agârbiciu	SCI	CON	CJ(NV)	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	Victoria Tatole	19.12.2015 06:37	31.12.2015 11:06	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0276	Albești	SCI	CON	BT(NE)	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	Tamas Papp	25.11.2010 15:23	25.02.2016 17:19	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0001	Anișuriile de pe Târlung	SCI	ALP	BV(C)	1	0	2	3	0	0	0	0	1	0	Florescu Florentina	13.06.2006 10:31	25.02.2016 11:33	1,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0002	Apuseni	SCI	ALP,CON	AB(C),BH(BV,CJ(NV))	39	0	15	3	5	11	7	0	1	0	Ion Grigoras	08.02.2006 17:53	01.01.2011 00:00	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0003	Arboretale de castan comestibil de la Baia Mare	SCI	ALP,CON	MM(NV)	3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	Ioan Stetca	29.06.2006 13:37	25.01.2013 12:58	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0282	Arpașu de Sus	SCI	CON	SB(C)	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	Mihai Doroftei	12.11.2015 07:48	11.01.2016 14:51	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0004	Băgău	SCI	CON	AB(C)	2	0	0	1	0	3	1	0	1	0	Nicolae Oprica	12.05.2006 11:49	01.01.2011 00:00	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0288	Băilești	SCI	CON	DJ(SV)	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	Ramon Jurj	20.11.2015 22:28	31.12.2015 11:14	0,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0005	Balta Albă - Amara - Jirău - Lacul Sărat Căneni	SCI	STE	BR(SE),BZ(SE)	3	0	2	1	2	2	0	1	1	0	Ion Grigoras	08.02.2006 17:53	01.01.2011 00:00	2,0	Fisa	
Validat	Raportat	-	-	ROSCI0006	Balta Mică a Brăilei	SCI	STE	CT(SE),IL(S)	9	0	1	2	16	0	0	1	1	0	Zsolt Torok	24.01.2006 09:30	01.01.2011 00:00	0,0	Fisa	

Pagina: 1 2 3 ... 61 >> Total: 607 10 (nr. pe pag.)

Afiseaza in harta

Adauga Actualizeaza verificari

Proiect finantat din Facilitatea de Tranziție 2007/1041/04/03
Asistență pentru stabilirea Registrului Național Integrat al speciilor de faună sălbatică și al habitatelor naturale de interes comunitar din România

teomnet

Figura 43. Secvență 1 baza de date IBIS

- Sunt prezentate detaliat toate siturile Natura 2000 din România, cu posibilitate de filtrare a informațiilor după tip sit (SCI, SPA), nume sit (cod, denumire), bioregiune, regiune de dezvoltare, județ.
- Pentru fiecare sit sunt disponibile informații precum: cod național, nume (denumire), tip, bioregiuni, județe, date numerice (nr. habitate, nr. specii păsări, nr. specii mamifere, nr. specii amfibieni, nr. specii pești, nr. specii nevertebrate, nr. specii plante, nr. specii reptile, limite) și fișa sitului.
- La selectarea fișei sitului apar informații precum: habitate, specii, impacturi, informații text, proprietate, management, referințe legale, documente, limite shapefile, limite imagini).
- Instituire arii
 - Nu apar informații, deși există o serie de filtre, care însă nu furnizează niciun rezultat al căutării.
- Arii protejate

Arhi protejate

Arhi protejate | Istoric | Documente | Analiza | Audit | Rapoarte | Atlas | Manual

Arhi protejate

Validare: Stare arie: Nume arie: Tip arie: An institutie: Bioregiune: UAT: Judet: Regiune: Autor:

Filtreaza: Sterge filtre

Validare	Stare arie	Cod national	Cod Inspire	Cod EEA	Categ IUCN	Nume	Tip	Data institutie	Bioregiune	UAT	Județ	Incadrare habitate	H	S	M	A	F	N	P	R	L	D	Autot	Data adaugare	Data modificare	Com.	Fișe	Operari		
Legiferat	Raportat	2.234	RONPA0251	9376	IV	Abruptul Bucșoiu - Măleștei - Gaura	Rezervație naturală	6.3.2000	-	Bucșoiu (B.V., Bucșoiu, Căp. Bucșoiu, Căp. Săraia (P.H.))	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	25.02.2016 11:23	10	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.672	RONPA0689	183547	IV	Abruptul Prahovean	Rezervație naturală	6.3.2000	-	Băicoiu (B.V., Băicoiu, Căp. Băicoiu, Căp. Săraia (P.H.))	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	07.02.2018 15:02	10	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.557	RONPA0574	184002	IV	Acumularea Chirța	Necunoscut	6.3.2000	-	Șelărești (S.C., Șelărești (S.C.))	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:14	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.558	RONPA0575	183992	IV	Acumularea Părcovaci	Necunoscut	6.3.2000	-	Dețeni (S.C.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:15	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.532	RONPA0549	183524	IV	Apele mezotermale de la Geogiu-Băi	Necunoscut	6.3.2000	-	Geogiu (H.C.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:15	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.634	RONPA0651	184154	IV	Arboretul cu Chamaecyparis laevisiana	Necunoscut	6.3.2000	-	Sălcuț (H.S.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:23	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.581	RONPA0589	183888	IV	Arboretul de castan comestibil de la Băia Mare	Necunoscut	6.3.2000	-	Băia Mare (M.P., Băia Mare (M.P.), Săraia Săraia (M.P.), Căpărești (M.P.))	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:23	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.98	RONPA0115	183470	IV	Arboretul Macea	Necunoscut	6.3.2000	-	Macea (A.R.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 12:47	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.738	RONPA0755	183945	IV	Arboretulul Băzoș	Necunoscut	6.3.2000	-	Băzoș (H.C.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	08.02.2018 14:23	00	Fișe	200	
Legiferat	Raportat	2.524	RONPA0641	183553	III	Arboretulul Simeria	Monument al naturii	6.3.2000	-	Simeria (H.C.)	-	hc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	import import	01.01.2007 00:00	15.03.2016 12:22	10	Fișe	200

Pagina 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Total: 945 (nr. pe pag.)

Afișează în harta

Proiect finanțat din Facilitatea de Tranziție 2007-10443.04.03
Asistență pentru stabilirea Registrului Național Integrat al speciilor de floră, faună sălbatică și al habitatelor naturale de interes comunitar din România

TECMNET

Figura 44. Secvență 2 baza de date ANPM

- Sunt prezentate detaliat ariile protejate din România, cu omiterea siturilor Natura 2000 (care sunt prezentate la secțiunea „Natura 2000”), cu posibilitate de filtrare a informațiilor după nume arie, tip arie (ASP Avifaunistica, Monument al naturii, Parc național, Parc natural, Rezervație naturală, Rezervație științifică, SAC, altele - RBDD, Necunoscut), bioregiune, UAT, județ, regiune de dezvoltare.
- Pentru fiecare arie sunt disponibile informații precum: cod național, cod Inspire, cod EEA, categorie IUCN, nume (denumire), tip, bioregiuni, UAT, județe, încadrare habitate, date numerice (nr. habitate, nr. specii păsări, nr. specii mamifere, nr. specii amfibieni, nr. specii pești, nr. specii nevertebrate, nr. specii plante, nr. specii reptile, limite) și fișa sitului.
- La selectarea fișei sitului apar informații precum: habitate, specii, localizare, impacturi, informații text, proprietate, finanțări, referințe legale, documente, limite shapefile, limite imagini, tipuri de desemnare, relații, deteriorare, info GIS, caracteristici).
- Administrare arii

Cod EEA ANP Principală	Cod NAT ANP Principală	Denumire ANP principală	Tip ANP principală	Localizare ANP Principală -Judet/Regiune-	ANP incluse	Categorie custode	Custode/Administrator	Tip responsabilitate	Stadiu masuri	Stadiu regulament	Stadiu plan de management	Sesiune atribuire	Data atribuire	Data expirare	Operati
ROSD1829	Siru	SCI	BZ(SE), CV(IC)				Consiliul Județean Buzău	Custodie		In verificare - ANPM	Creat	I	23.02.2010	23.02.2030	
ROSD190	Pantelciu	SCI	BZ(SE)				Consiliul Județean Buzău	Custodie		In verificare - ANPM	Creat	I	23.02.2010	23.02.2030	
ROSD199	Platoul Meleic	SCI	BZ(SE)	2.267. Platoul Meleic			UNIVERSITATEA ECOLOGICA BUCURESTI	Custodie	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM	Creat	III	29.03.2011	20.02.2025	
ROSD1272	Vulcanii Noroioși de la Păcele Mare și Păcele Mic	SCI	BZ(SE)	2.261. Vulcanii Noroioși Păcele Mare 2.262. Vulcanii Noroioși Păcele Mic			ASOCIATIA VULCANII NOROIOSI	Custodie	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM	Creat	I	23.02.2010	23.02.2025	
ROSD1009	Bisoca	SCI	BZ(SE)	2.298. Pădurea "Lacurile Bisoca"			Asociația pentru Dezvoltare Comunitară Durabilă "Aldat"	Custodie	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM		V	08.07.2014	08.07.2024	
ROSD1027	Muntiorii Ursulei	SCI	BZ(SE)				APM Buzău	Fara conventie custodie/contract administrare	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM					
ROSD1005	Băta Albă - Amara - Jârlu - Lacul Sărat Călinei	SCI	BR(IE), BZ(IE)	2.266. Lacul Jârlu - Visani 2.271. Băta Albă 2.272. Băta Amara - ROSPA004 Băta Albă -Amara - Jârlu BR(IE) BZ(IE)			APM Buzău	Fara conventie custodie/contract administrare	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM					
ROSD1083	Fântâna Murtat	SCI	CT(IE)	2.354 Fântâna Murtat			RNP DS CONSTANTA	Custodie	In aprobare	In aprobare		I	23.02.2010	23.02.2030	
183851	2.266	Pădurea Brădeanu	Necunoscut				APM Buzău	Fara conventie custodie/contract administrare	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM					
183694	2.264	Blocurile de calcar de la Bădila	Necunoscut				APM Buzău	Fara conventie custodie/contract administrare	In verificare - ANPM	In verificare - ANPM					

Figura 45. Secvență 2 baza de date IBIS

- Sunt prezentate informații privind administratorii ariilor naturale protejate, cu posibilitate de filtrare a informațiilor după Custozii/administratori, Responsabil arie protejată fără convenție custodie/contract administrare, tip atribuire, tip arie protejată, nume arie protejată, regiune arie protejată, județ arie protejată, act desemnare arie protejată etc.
- Pentru fiecare arie sunt disponibile informații precum: Cod EEA ANP principală, Cod NAT ANP Principală, Denumire ANP principală, Tip ANP principală, Localizare ANP Principală (Judet, Regiune), ANP incluse, Categorie custode, Custode/Administrator, Tip responsabilitate, Stadiu măsurii, Stadiu regulament, Stadiu plan de management, Sesiune atribuire, Dată atribuire, Dată expirare.

Baza de date Munții Noștri

Website: <https://muntii-nostri.ro/>

Secțiuni de interes:

- Informații legate de trasee montane:

- Drumeție (tip de activitate): cățărare, ciclism, drumeție, rafting, schi de tură, trasee tematice, trasee alergare, via ferrata.
- Grupe montane: Bihor-Padiș, Bucegi-Leoata, Călimani, Ceahlău, Cernei-Mehedinți, Cindrel, Ciucaș, Cozia, Făgăraș, Gilău-Muntele Mare, Giumalău-Rarău, Giugeu-Hășmaș, Gutâi, Harghitei, Maramureșului, Parâng, Piatra Craiului, Postrăvaru. Piatra Mare. Baiului, Retezat, Rodnei, Șureanu, Trascău, Vlădeasa.
- Județe: Alba, Arad, Argeș, Bihor, Bistrița-Năsăud, Brașov, Caraș-Severin, Cluj, Covasna, Dâmbovița, Gorj, Harghita, Hunedoara, Maramureș, Mehedinți, Mureș, Neamț, Prahova, Sibiu, Suceava, Vâlcea.
- Dificultate: ușor, ușor/mediu, mediu, mediu/difícil, difícil.

În situația în care s-ar putea obține traseele în format .shp, acestea ar putea fi coroborate cu ariile naturale protejate de interes pentru ANANP.

Baza de date ANCPI

Website: <http://www.ancpi.ro/>

În cadrul site-ului web administrat de către Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară nu au fost identificate posibilități de descărcare a unor informații de interes, în format .shp, ci doar posibilitatea vizualizării unor hărți deja generate, în format .pdf. În situația în care s-ar putea obține informații și date în format .shp, acestea ar fi de un real folos pentru proiectul de față.

Din analiza acestor baze de date naționale și internaționale au rezultat câteva idei, pe care le formulăm după cum urmează:

- Utilitatea informațiilor oferite trebuie să răspundă unor nevoi clar formulate, prin identificarea utilizatorilor vizați;
- În marea lor majoritate, aplicațiile web asociate au luat în considerare doar instrumente de interogare simplă, întorcând, în unul sau mai mulți pași, rezultate cu grade diferite de detaliu; trebuie decis dacă este aceasta soluția dorită, ori e necesar a fi completată de alte instrumente interactive, precum măsurători de distanțe și suprafețe ori chiar încărcarea, într-o memorie temporară, a unor puncte, linii sau poligoane, a unor fișiere proprii ale utilizatorilor, cu scopul analizării poziției în raport cu ariile protejate;

- Statutul multiplu de protecție al unor teritorii, adică încadrarea simultană în mai multe categorii de arii protejate, necesită a fi evidențiat în cadrul interogărilor;
- Starea reglementării proiectelor și planurilor derulate pe teritoriul ariilor naturale protejate e de certă utilitate atât pentru utilizatorii instituționali, cât și pentru investitori și pentru publicul larg, astfel că ar trebui să i se acorde atenție, acesta fiind, pe de altă parte, unul din câmpurile cu informații cu o dinamică semnificativă; acest considerent ne pune în fața unei nevoi pe care o evidențiem, aceea de a crea acces permanent al responsabililor instituționali la astfel de câmpuri, pentru a putea păstra la zi starea acestor reglementări;
- Considerăm că informațiile oferite în etape succesive de detaliu, în urma interogării, reprezintă o soluție ce merită a fi implementată.

Protecția mediului constituie un obiectiv major pentru toate statele având în vedere necesitatea de a balansa activitățile umane și conservarea naturii. Dezvoltarea economică este strâns legată de o conservare efectivă a resurselor naturale și de oprirea supraexploatării naturii. În acest sens un sistem integrat de informații spațiale de mediu (EGIS - Environmental Geographic Information System) poate constitui o bază solidă (Gandhi, Kang and Shekhar, 2008).

O astfel de bază de date multi-level trebuie să includă toate informațiile necesare și disponibile, după cum ar fi (Mulligan and Wainwright, 2013):

- Legislația existentă (Legi, restricții specifice, decizii, strategii naționale, planificarea regională și locală, utilizarea terenului, NATURA 2000)
- Regulile specifice, reglementările, restricțiile și acțiunile privind activitățile din sectorul primar, precum și condițiile speciale sau cerințele care sunt necesare pentru exploatarea oricărei infrastructuri (naționale și locale) într-o regiune geografică
- Activitățile existente la nivelul sectoarelor secundar și terțiar și influențele lor geografice. În acest scop, este necesar să se țină seama de studii specifice elaborate pentru aceste sectoare.

Principalale obiective ale unui sistem EGIS (platforme GIS) sunt (Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014):

- Evaluarea impactului asupra mediului în cazul planificării teritoriale, politicilor sectoriale și a infrastructurii, precum și dezvoltarea unor soluții pentru protecția mediului
- Oferă informații asupra restricțiilor existente în diferite zone , precum și soluții tehnice potrivite pentru investitori
- Reprezintă un Decision Support System pentru reprezentanții aleși ai populației
- O unealtă în vederea îmbunătățirii managementului și auditului

- O unealtă pentru politicile de dezvoltare și planificare teritorială
- O bază pentru activității științifice de cercetare

Acest sistem oferă informații despre (Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014):

- Starea mediului la nivelul fiecărei locații specifice (resurse de apă, sol, aer și arii protejate).
- Sursele de poluare punctiforme sau difuze
- Studii specifice sau măsurători privind zone cu risc ridicat
- Utilizarea terenurilor și statul juridic
- Infrastructura

A. Interogări

Acestea constituie practic o combinație între interogări din sfera bazelor de date convenționale și interogări specifice bazelor de date spațiale acestea din urmă fiind mai solicitante pentru sistemul EGIS (Corral and Vassilakopoulos, 2009).

O listă a posibilelor interogări ar fi (Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014):

- Identificarea zonelor unde sunt permise activități forestiere
- Care sunt locațiile unde se desfășoară activități economice de un anumit tip
- Identificarea zonelor unde este posibilă dezvoltarea unor anumite activități industriale
- Identificarea locațiilor posibile pentru centrale eoliene, parcuri solare

B. Seturi de date

În baza cerințelor și a rolului său un sistem integrat de tip EGIS ar trebui să includă următoarele informații:

- Natură/biodiversitate respectiv arii protejate, monumente naturale (toate categoriile IUCN), situri istorice sau arheologice, procese naturale (cantitate și volum precipitații, vânt, cutremure etc.), impact asupra mediului (surse de poluare, disturbantă etc.) utilizarea terenului (CORINE, rețeaua hidrografică etc.)
- Componenta antropică respectiv facilități industriale, lucrări în zone costiere sau pe râuri, elemente cantitative privind sursele de poluare punctiforme sau difuze, elemente cantitative privind stațiile de epurare/ tratare a apelor, date cantitative privind fermele și complexele agrozootehnice, poluarea aerului, turism, planuri de amenajare a teritoriului (PUG), date socio-economice (populație, venit), planuri de dezvoltare, rețele de transport, porturi.

Practic într-o măsură mai detaliată acest sistem trebuie să includă:

a. Sectorul primar

a.1 Culturi agricole

- Clasificare

- Infrastructură: rețea de transport în sens GIS
- Calitatea resurselor de apă
- Impact posibil

a.2 Ferme de creștere a animalelor (locație, proprietar, tip, probleme de mediu, incompatibilități etc)

a.3 Ferme piscicole (locație, proprietar, tip, probleme de mediu, incompatibilități etc)

b. Sectorul secundar

b.1 Unități de producție (locație, proprietar, tip, probleme de mediu, incompatibilități etc)

b.2 Surse/producători de energie (locație, unități în funcțiune, licențiere etc.)

b.3 Activități miniere și cariere

c. Sectorul terțiar

c.1 Managementul resurselor de apă (locație, licențiere, tip, probleme de mediu etc.)

c.2 Deșeuri (locație, an de pornire/funcționare, durată, localități deservite, capacitate, incompatibilități etc.)

c.3 Stații de epurare

c.4 Rețele de transport energetic

c.5 Rețeaua de transport (căi ferate, drumuri, naval, porturi)

c.6 Servicii Administrative Descentralizate

c.7 Zone comerciale

c.8 Facilități turistice

c.9 Târguri/expoziții, centre educaționale sau de cercetare, muzee

d. Mediu

d.1 Sol și subsol

d.2 Apă (la nivel de bazin hidrografic)

d.3 Păduri

d.4 Biodiversitate

d.5 Mediul marin

d.6 Aer

e. Mediu urban

e.1 limite UAT, limite intravilan

e.2 planificare teritorială (PUG, alte reglementări)

f. Limite administrative pentru mediu

f.1 Zone cu administrare specială

f.2 Zone industriale

f.3 Zone de protecție strictă (captări pentru potabilizare, rezervații științifice etc)

f.4 Monumente ale naturii

f.5 Parcuri naționale, Peisaje naturale, Geoparcuri, Zone umede

f.6 Planificare teritorială, planuri speciale

f.7 Masterplanuri

f.8 Informații legale

C: Modelul de date

Majoritatea studiilor propun un model de date dezvoltat pe baza modelului relațional (Thalheim, 2000). În acest sens un model relațional extins adaugă flexibilitate modelului relațional permițând diferite extinderi cum ar fi includerea de tipuri de date abstracte, posibilitatea de a crea operații și proceduri noi cu ajutorul interfetei de programare, a bazei de date sau (în cazul modelului obiect-relațional) posibilitatea de a include obiecte structurate, cu identitate, în câmpurile unei relații (Zaharia, 1998).

În cazul EGIS acest model (obiect-relațional) prezintă un centru bazat pe două entități obiect de bază, prima (B) reprezintă activitățile economice, date de mediu etc., în timp ce a doua entitate obiect se referă la aspect legislative (L) (Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014).

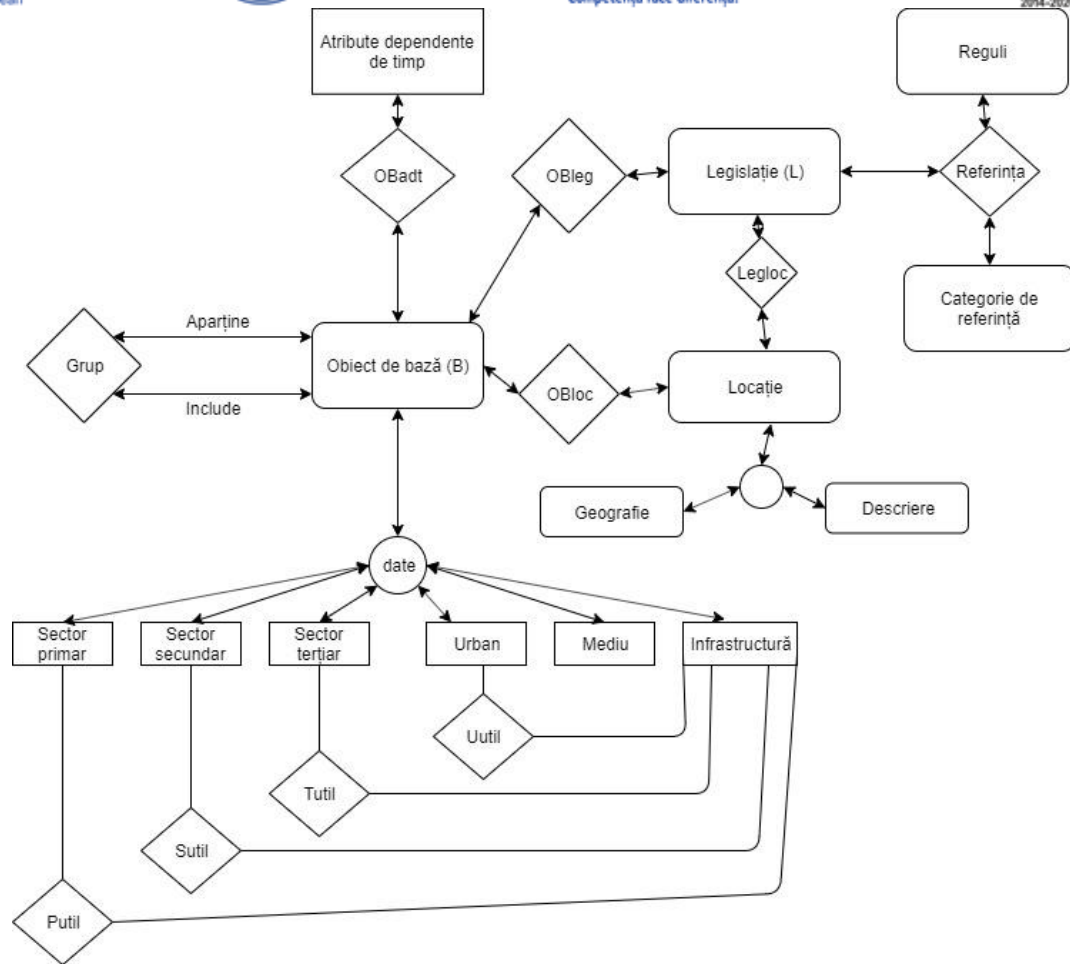


Figura 3. Model relațional pentru un sistem de tip EGIS (modificat după Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014)

Acest model se prezintă astfel (Roumelis, Loukopoulos and Vassilakopoulos, 2014) :

Obiectul de tip B aparține uneia dintre categoriile: sector primar, sector secundar, sector terțiar, mediu, urban sau infrastructură. Aceste categorii pot fi mai departe împărțite în subcategorii. Aceste obiecte pot avea o durată de "viață", de exemplu o activitate industrială ar putea să înceteze, de aceea un obiect de bază (B) are o durată de existență definită printr-o dată de început și o dată de sfârșit. Obiectele "expirate" sunt păstrate pentru referință temporală.

Un astfel de obiect poate să aparțină unui grup superior, cum ar fi o arie protejată (parc național) ce poate să aparțină grupului general al ariilor protejate. Această situație este modelată prin relația spațială "Grup".

Alte obiecte de bază (B) pot avea atribute spațio-temporale. De exemplu o arie protejată poate avea un administrator sau custode pe o anumită durată. De asemenea obiective de management pot avea un caracter temporar. Acestea sunt incluse în modelul de date în clasa de obiecte "Atribute dependente de timp" și sunt legate de B prin relația "OBadt". Acest set de atribute este în practică reprezentat printr-un set de tabele.

Setul de obiecte "Legislație" (L) include legile și regulamentele specifice mediului. Includerea acestora este dificilă, fiind necesară cel puțin includerea unor seturi de reguli ce definesc valori specifice pentru obiecte și atributele acestora precum și existența simultană a obiectelor de bază. Astfel pot fi modelate activități permise în ariile naturale protejate, niveluri de poluare, specii și măsuri de conservare etc.

În diagrama din Figura 3, relația "Referință" face legătura între Legislație (L), Reguli și Categoriile. Aceasta relație este necesară pentru a aborda situațiile când regulile sunt prea vagi pentru a fi asociate direct cu OB specifice prin relația "OBloc" sau cu Locația prin intermediul relației "Legloc".

De asemenea pentru a permite existența unor referințe geografice imprecis localizate, obiectul Locație permite existența unor coordonate bine definite (Geografie) dar și a unei descrieri generale (Descriere).

În Figura 4 este prezentată structura setului de obiecte Sector primar.

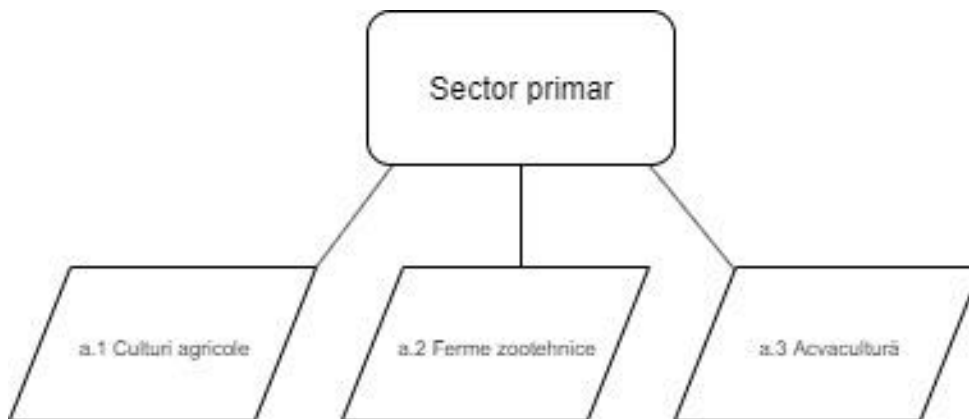


Figura 4. Detaliu al modelului obiect-relațional, Obiecte de bază (B)

În cadrul modelului EGIS, obiectul OB necesită o Geografie deoarece reprezintă o entitate spațială în timp ce obiectul L face referire la prima categorie OB, prin intermediul relațiilor existente între acestea. În vederea procesării interogărilor sunt necesare tehnici de indexare a obiectelor și a relațiilor dintre acestea. Soluția cea mai la îndemână este utilizarea unei indexări specifice bazelor de date relaționale (Comer, 1979). Astfel atributele cheie ale obiectelor (obiect ID) sunt indexate printr-o metodă de indexare.

Datorită creșterii volumului datelor interogarea bazelor de date spațiale devine tot mai dificilă. În GIS sunt implicate trei metode generale de indexare: grid index, quad-tree și R-tree (Imbroane, 2012).

Grid index este practic un caroiaj pe un strat de obiecte geografice. În cadrul acestuia locațiile sunt păstrate în liste index (fiecare pătrat are o listă index). Această metodă este una dintre cele mai simple și robuste metode (Imbroane, 2012).

Quad-tree este un nume cu referire la un sistem de indexări care se construiesc prin diviziunea succesivă a spațiului în patru cadrante. Acestea sunt utilizate atât pentru indexarea cât și pentru compresarea straturilor bazei de date geografice (Imbroane, 2012).

R-tree grupează obiectele utilizând o aproximare rectangulară a locațiilor lor, numit dreptunghiul minim de încadrare (MBR-minimum bounding rectangle). Acesta este o structură larg implementată în GIS (Imbroane, 2012).

Un astfel de sistem EGIS poate fi utilizat de către politicieni pentru integrarea aspectelor de mediu în politici, realizare și dezvoltarea investițiilor, planificarea activității, precum și pentru gestionarea ariilor naturale protejate și a resurselor naturale.

VI.2.1 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul ariilor naturale protejate

Context

O arie protejată reprezintă o zonă terestră sau marină dedicată conservării și protecției diversității biologice, a diversității naturale și culturale și a resurselor asociate, având un management bazat pe instrumente juridice.

Având în vedere obiectivele de gestionare și gradul maxim de intervenție umană permisă pentru o anumită arie protejată, există în general un sistem de clasificare general acceptat, elaborat de IUCN (Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii) și adoptat de țările din întreaga lume, care acoperă un mare spectru de utilizare minimă până la utilizare extensivă a habitatelor pentru comunitățile umane,

incluzând: rezervații științifice (rezervații naturale stricte), parcuri naționale, rezervații naturale monumente naturale (repere naturale), rezervații naturale gestionate, peisaje protejate, rezervații de resurse, zone biotice naturale/rezervații antropologice și rezervații multiple cu zone de gestionare.

Ariile naturale protejate reprezintă sisteme complexe și dinamice, care includ elemente naturale valoroase și fragile, precum specii de floră și faună, ecosisteme de interes deosebit prin unicitatea lor, a căror existență sau viabilitate este amenințată de factori naturali sau umani, unul sau mai multe elemente geologice, paleontologice, geomorfologice, forme de relief de interes ecologic, științific, educațional sau recreativ cu o valoare intrinsecă sau care reprezintă habitate pentru unele specii valoroase, așezări umane, cu o valoare unică pentru semnificația lor culturală.

Fiecare sit natural protejat are nevoile sale specifice, managementul său reprezentând o mare provocare și responsabilitate care implică o cooperare între diferite părți interesate și factori de decizie, de la agențiile guvernamentale până la organizațiile civile societatea civilă sau sectorul privat, pentru evaluarea tuturor aspectelor care caracterizează situația actuală, amenințările la adresa obiectivelor de conservare și anticiparea evoluției situației actuale pentru o planificare adecvată.

Informațiile și analiza spațială sunt două necesități principale în acest sens. Agențiile guvernamentale, toate organizațiile și instituțiile implicate în guvernarea de mediu se confruntă cu provocarea de a lua decizii rapide ca răspuns la situații de criză, într-un mod eficient din punct de vedere economic, implicând analiza integrată și modelarea spațială a datelor geografice.

Rolul unor informații fiabile, ușor accesibile, organizate în baze de date partajate, este recunoscut la nivel global, în procesul de luare a deciziilor, de elaborare a politicilor și proceselor de implementare pentru diferite sectoare de activitate. În acest scop, se creează, se actualizează permanent și se îmbunătățesc infrastructuri de date spațiale, sisteme informaționale, metode de analiză spațială la nivel național, internațional și global.

În structura de atribuții a ANANP, GIS poate fi utilizat pentru a gestiona informațiile legate de zonele protejate de pe teritoriul țării, pentru a ajuta la o mai bună înțelegere a modelelor spațiale asociate ariilor protejate, a resurselor pe care acestea le protejează și a eficienței administrative a managerilor, ca instrument de gestionare spațială.

La nivelul țării sunt stabilite și gestionate o rețea de zone protejate pentru fauna sălbatică, zone de migrație, sanctuare de păsări migratoare și arii dedicate protejării habitatelor importante pentru fauna sălbatică sau a habitatelor unice.

Pentru a gestiona problemele complexe care afectează ariile protejate din țară, instituțiile responsabile apelează adesea la tehnologie pentru a înțelege și analiza resursele și mediile specifice. Atât pozițiile de management cât și cercetarea utilizează din ce în ce mai mult sistemele informaționale geografice (GIS) pentru a cartografia, analiza și gestiona resursele aflate sub jurisdicția lor.

Un sistem informațional geografic este un sistem informatic capabil să capteze, să stocheze, să manipuleze, să analizeze și să afișeze date care descriu caracterul unui anumit loc. Adesea considerat un instrument de cartografiere, un GIS oferă o modalitate de vizualizare, interogare, interpretare și vizualizare a diferitelor tipuri de date spațiale pentru a ilustra relații, modele și tendințe cu caracter spațial. Hărțile, diagramele și rapoartele analitice pot fi derivate din datele stocate într-un astfel de sistem, și pot fi utilizate ca mijloc de documentare și explicare a modelelor și relațiilor spațiale, în sprijinul proceselor de planificare și de luare a deciziilor.

Tehnologiile geospațiale includ suita de instrumente hardware, software și date. Asociate cu sisteme de poziționare globală (GPS) și tehnici specifice teledetecției, asigură accesibilitatea sporită a acestor tehnologii dincolo de utilizarea exclusivă de către profesioniștii în geomatică și permite diseminarea în

domeniul gestionării florei și faunei sălbatice (O'Neil 2005; Leimgruber et.al., 2006; Sampson și Delgiudice, 2006).

Rolul strategic al informației geografice în politica europeană de luare a deciziilor cu implicații spațiale semnificative, în special în direcția protecției mediului ce are ca unealtă principală managementul ariilor protejate, reprezintă o preocupare permanentă pentru organizații guvernamentale și neguvernamentale manifestată prin programe și asociații la nivel global, european și național (GSDI, EUROGI, EEA, LIFE Nature, GEF, WWF, UNEP, AFM). Acestea sprijină utilizarea pe scară largă a GIS, promovând monitorizarea ariilor protejate prin intermediul acestor tehnologii.

Obiectivul comun la nivel european, și nu numai, este atingerea unui nivel ridicat de calitate a mediului, care să răspundă la diversitatea problemelor și situațiilor specifice determinate de diversitatea naturală și socio-economică, diversitatea structurilor administrative și a tipurilor de guvernare de mediu, evaluată în principal prin intermediul rețelelor de arii protejate (EUNIS, EIONET).

În calitate de stat membru, România a adoptat Directivele privind mediul. Acest lucru a implicat pe lângă angajamente financiare și obligativitatea utilizării GIS pentru gestionarea ariilor protejate. Directiva stabilește criteriile privind conformarea datelor spațiale tematice cu cerințele necesare în ceea ce privește crearea de metadate și asigurarea interoperabilității datelor și a serviciilor.

Numai prin eforturi instituționale se poate crește capacitatea de a crea parteneriate în domeniul mediului, efort ce va stimula și facilita cercetarea și va crește gradul de conștientizare a publicului față de procesul de luare a deciziilor.

Printre exemplele de implementări reușite a unui sistem GIS de monitorizare a ariilor protejate, dincolo de granițele Europei, este Brazilia. Aceasta este doar un exemplu al modului în care tehnologiile geospațiale au fost integrate în protocoale de aplicare a legii în arii protejate, unde un program de control al defrișărilor este în vigoare din 1999. Cu ajutorul imaginilor satelitare Landsat, zonele afectate de despădurire cu suprafața de peste 1 hectar sunt identificate și cartografiate digital, iar tehnicienii FEMA (Fundația de Stat pentru Mediu din Mato Grosso) validează sursa și potențiala infracțiune pe teren cu ajutorul receptoarelor încorporate GPS. Toate infracțiunile sunt listate public pe site-ul instituției, servind ca un factor de descurajare suplimentar pentru proprietarii de terenuri. În Massachusetts, Statele Unite ale Americii, Departamentul pentru protecția mediului (MassDEP) a sporit substanțial capacitatea de a urmări modificările ilegale ale zonelor umede prin intermediul programului de aplicare a teledetecției, GIS și GPS și a gestionării integrate a bazelor de date spațiale. De la lansarea programului la mijlocul anilor 1990, MassDEP a fost implicat în inițiative de cartografiere și monitorizare la nivel de stat, într-un efort de îmbunătățire a urmării pierderilor ilegale de zone umede, utilizând serii de imagini satelitare.

Infrastructuri de date spațiale și GIS

Fiabilitatea analizei GIS este strâns legată de disponibilitatea, calitatea și compatibilitatea datelor geografice, a căror achiziție adesea implică costuri ridicate pentru utilizatori. Altele, datele existente disponibile pentru analiză sunt redundante, greu accesibile, în formate incompatibile, fiind produse și utilizate de diferite instituții și organizații, ceea ce face ca analiza să fie colectarea, pregătirea și analiza datelor consumă timp și este costisitoare. În acest sens, există o recunoaștere ridicată a necesității și a rolului deosebit de important al mijloacelor de partajare a datelor pentru o eficiență sporită a creării bazelor de date și a structurarea bazei de date, facilitățile disponibile pentru utilizarea datelor, legătura dintre utilizatorii și producătorii de date sau o calitate mai bună a procesului decizional.

O infrastructură națională de date spațiale (A. Ioniță & A-N Roman, 2007) ar putea fi dezvoltată pentru a desemna un set de tehnologii, politici și acorduri instituționale care facilitează disponibilitatea și accesul la datele spațiale, oferind cadrul pentru explorarea,

evaluarea și utilizarea datelor spațiale pentru utilizatorii finali și furnizorii de informații, pentru toate nivelurile de guvernare.

Dezvoltarea unei astfel de rețele implică o bază de utilizatori și furnizori de date interconectați simultan cu dezvoltarea unor standarde adecvate pentru documentarea datelor, colectarea și schimbul de date (între diferite platforme hardware și utilizând diferite programe informatice), dar mai ales elaborarea de politici, proceduri și parteneriate pentru crearea unei rețele de

cadru național de date electronice geospațiale.

Asociația GSDI propune șase pași principali necesari pentru reușita unui astfel de cadru de lucru: crearea unei baze de date multi-utilizatori, descrierea datelor spațiale (metadate), accesibilizarea datelor, crearea unei baze de dezvoltare a serviciilor de cartografiere online, facilitarea accesului deschis la date și servicii.

Instituția gazdă este responsabilă de a face legătura între diferitele baze de date, stabilirea cadrului structural al acestora, organizarea după criterii comune, utilizarea de formate standardizate, facilitând astfel organizarea lor, interoperabilitatea, schimbul de informații de calitate și fiabile.

O bază de date pentru evaluarea biodiversității în ariile naturale protejate trebuie să cuprindă informații care să permită: evaluarea geografică și ecologică, caracterizarea geografică și ecologică a speciilor de plante și animale, caracterizarea condițiilor staționare pentru fiecare specie de interes, clasificarea și analiza stării de conservare și identificarea speciilor incluse pe listele de protecție precum IUCN RedList, clasificarea speciilor în funcție de aria biogeografică de proveniență, clasificarea și analiza distribuției speciilor în funcție de diferite criterii. Având în vedere necesitatea analizei peisajului geografic, în special pentru parcurilor naturale și naționale și a rezervațiilor biosferei, având ca rezultat vizat hărți tematice (hărți geologice, geomorfologice, pedologice și de vegetație), rolul tehnologiilor GIS și de teledetecție este atât de a facilita analiza separată a componentelor peisajului pentru inventarierea și evaluarea peisajului natural și a resurselor naturale, cât și pentru a găsi și descrie caracteristicile peisajului ca și complex.

Conform Directivelor europene și celor 21 de teme cu caracter spațial asociate, o importanță majoră o au sistemele de referință de coordonate și grila geografică de raportare, nomenclatorul geografic, unitățile administrativ-teritoriale, adresele geocodate, parcelarea cadastrală, rețelele de transport, rețelele hidrografice și siturile protejate (în conformitate cu anexa I). Conform anexelor II și III, acestea sunt urmate, din punct de vedere al necesității, de date altimetrice, informații privind acoperirea și utilizarea terenurilor (diferențiat), ortoimagistică / aerofotogrammetrie de rezoluție spațială și temporală ridicată, cartarea elementelor pedo-geologice, a clădirilor și suprafețelor construite, distribuția populației și parametrii demografici asociați, zonele de risc și hazard natural, habitate și biotopuri și distribuție specii. Toate acestea cu scopul de a dezvolta o rețea de monitorizare a producției, industriei și agriculturii, dar mai ales a mediului

Nevoia unei atât de mari varietăți de date spațiale tematice pentru zonele protejate este aspectul principal în demararea unui management al ariilor protejate la nivel local, regional sau național, și în punerea în aplicare a politicii privind patrimoniul natural și biodiversitatea cu politicile și inițiativele de creare a infrastructurilor de date spațiale.

Un alt aspect de legătură este nevoia de schimb și partajare a datelor între diferiți factori de decizie pentru punerea în aplicare a politicilor și luarea deciziilor. Acest lucru presupune colectarea de date specifice de la diferite surse, în diferite formate (de obicei în format analogic), transformarea acestora

și stabilirea aceluiași cadru spațial, stabilind o bază de date flexibilă și actualizabilă, cu un formatul de date adecvat. Aceste sarcini reprezintă o provocare pentru administrațiile rezervațiilor naturale, în contextul lipsei resurselor umane calificate, a resurselor financiare și a nivelului actual de dezvoltare a infrastructurii naționale de date spațiale.

Aspecte metodologice

Politica națională legată de zonele protejate derivă din politica europeană privind biodiversitatea, una dintre componentele majore ale politicilor de mediu, după cum se subliniază în Programul de acțiune pentru mediu (EAP), cele patru domenii tematice ale sale fiind: schimbările climatice, pierderea biodiversității și analiza modificărilor spațiale ale acestora, calitatea vieții umane și gestionarea resurselor naturale și a deșeurilor.

Având în vedere aceste aspecte, integrarea teledetecției, a GPS și a GIS pentru realizarea diferitelor obiective de gestionare ar putea ridica eficiența într-un mod durabil. Utilizarea informațiilor spațiale în cadrul sistemelor de informații geografice reprezintă o oportunitate pentru câteva aplicații majore: evaluarea proprietăților biotice și a resurselor biotice ale ariilor naturale protejate, evaluarea impactului uman în ariile protejate și în apropierea acestora, evaluarea stării de conservare a habitatelor și a speciilor de interes special, planificarea și punerea în aplicare a măsurilor de management, programe specifice (ca planificare teritorială pentru turism), monitorizarea și revizuirea acestora.

Zonele uneori vaste acoperite de parcuri naționale și naturale, variația caracteristicilor sale geografice, având un rol uneori restrictiv, reprezintă puncte slabe în procesul de gestionare, unde GIS, prin faptul că oferă posibilitatea de corelare a multiplelor instrumente de analiză spațială cu datele din teren și integrarea datelor provenite din surse diferite și uneori deținute în formate diferite ar putea minimiza eforturile și aduce acuratețea necesară. În astfel de situații se poate opta pentru implementarea unui sistem similar Space for Habitat (Environment and Climate Change Canada și CSA) dedicat evaluării ariilor protejate prin intermediul unei suite de tehnologii de Observare a Terrei (EO) ce facilitează monitorizarea habitatelor cu prioritate ridicată și sprijină personalul instituțiilor responsabile de aplicarea legii.

Personalul unităților teritoriale pot astfel fi echipați cu echipamente mobile capabile să integreze receptoare GNSS și software de cartografiere cu imagini și date satelitare. Aceste instrumente facilitează colectarea de date în sprijinul sarcinilor curente, cum ar fi inspecțiile și investigațiile, și permit controlul acurateții interpretărilor satelitare.

În acest context, prioritare sunt dezvoltarea și punerea în aplicare a unui plan de monitorizare a acoperirii terenului bazat pe date satelitare, inclusiv protocoale de achiziție și analiză a datelor pentru rețeaua de arii protejate (Seed și Duffe, 2008) și crearea capacității de utilizare a tehnologiilor geospațiale în cadrul activității curente prin formarea și echiparea personalului.

Este deci esențială aplicarea tehnologiei geospațiale și a transferului de cunoștințe și abilități către persoane ce nu dețin acest set de abilități. Succesul unei astfel de inițiative necesită selectarea unor soluții adecvate de interfețe hardware și software, formarea fundamentală a personalului în domeniul tehnologiei geospațiale și urmărirea, îndrumare și comunicarea clară ulterioară, a nevoilor utilizatorilor. De asemenea, punerea în aplicare a protocoalelor necesare pentru a asigura integritatea datelor și compatibilitatea pe termen lung a bazelor de date alături de comunicarea către toate nivelurile de conducere cu privire la capacitățile și aplicațiile adecvate GPS, GIS și de teledetecție dedicate aplicării legislației privind ariile protejate, sunt probabil cele mai importante aspecte.

GIS oferă oportunitatea unei abordări integrate a întregii probleme, atunci când este asistată de o bază de date completă, coerentă și actualizabilă, permițând partajarea și schimbul de date cu celelalte autorități responsabile de gestionarea acestora (cum ar fi autoritățile naționale, regionale și locale de mediu, administrații publice, universități și institute de cercetare).

Ca răspuns la necesități specifice, majoritatea parcurilor naționale și naturale au dezvoltat sisteme de informare cu mijloace proprii, prin propria viziune sau în colaborare cu universități sau institute de cercetare. Interesul din ce în ce mai mare pentru managementul ariilor protejate este reflectat de numărul tot mai mare de lucrări de cercetare și studii de caz care susțin managementul.

Unul dintre cele mai importante proiecte în acest sens, ce susține ideea necesității evidente de a utiliza informații spațiale în acest domeniu la nivel național și local în vederea implementării unui management durabil al ariilor protejate cât și realizarea obiectivelor generale ale politicii de conservare a biodiversității, este proiectul Natura 2000. Cel mai coerent exemplu de utilizare a informațiilor spațiale pentru biodiversitate, cu o viziune națională, asigură prin existența portalului Natura 2000 accesul publicului la informații spațiale specifice legate de siturile Natura 2000 și la ariile protejate naționale. Acesta reprezintă nu numai un instrument pentru factorii de decizie, ci și o modalitate de diseminare a informațiilor publice legate de mediu, ca obiectiv al politicii comunitare enunțat de directivele specifice și de politicile naționale.

VI.2.2 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul biodiversității

Context

Conservarea diversității biologice în fața nevoii imediate și crescânde a oamenilor de hrană, energie, adăpost și apă reprezintă o reală provocare. Pe măsură ce populația crește și aspirațiile economice se amplifică, se exercită o presiune tot mai mare asupra acestei diversități biologice, cu consecințe profunde asupra serviciilor (hrană, apă curată, protecție împotriva inundațiilor etc.) pe care aceste sisteme naturale le oferă societății umane. Tehnologia matură a sistemelor de informații geografice (GIS) este în măsură să răspundă nevoilor factorilor de decizie politică și ale cetățenilor în ceea ce privește gestionarea

biodiversității într-un mod durabil. În ultima perioadă a avut loc o adevărată revoluție în ceea ce privește disponibilitatea informațiilor cât și în ceea ce privește dezvoltarea și aplicarea instrumentelor de gestionare a acestora. Solicitățile de informații, în special cu caracter geospațial, privind biodiversitatea sunt numeroase și variate. Astfel că orice bază de date ce adresează informații privind biodiversitate trebuie să aibă o bază geografică exhaustivă și să fie capabilă să prevadă unde există riscul de apariție de noi populații de specii sau riscurile asociate celor existente.

Un instrument important pentru monitorizarea biodiversității sunt sistemele de informații geografice (GIS), capabile să găzduiască o mare varietate de date spațiale și nonspațiale (atribute). Informațiile încorporate într-un astfel de sistem sunt utilizate pentru a direcționa studiile și schemele de monitorizare. Datele privind distribuția speciilor și a habitatelor de la diferite date permit astfel monitorizarea locației și a amplitudinii schimbărilor. Analizând modul în care GIS este utilizat în conservarea biodiversității, găsim trei domenii cheie de utilizare curentă: diagnosticarea problemelor de conservare și a cauzelor acestora, utilizarea datelor și modelelor spațiale pentru a lua în considerare impactul politicilor, deciziilor și al schimbărilor de mediu asupra biodiversității și elaborarea de soluții manageriale la aceste probleme de mediu.

Aspecte introductive referitoare la conservarea biodiversității cu ajutorul GIS

Studiile de mediu pun un accent major pe aspecte privind conservarea biodiversității, ceea ce, la rândul său, înseamnă că datele privind distribuția speciilor, și mai ales a celor pe cale de dispariție și a habitatelor adecvate pentru acestea sunt primordiale.

Atât flora cât și fauna nu cunosc limitele sau granițele create de om. Astfel, o problemă critică în conservarea biodiversității, este capacitatea de a pune în corespondență zonele de conservare cu distribuția reală a unei mari varietăți de specii. Prin utilizarea unor platforme GIS dedicate, factorii implicați pot accesa date adecvate pentru a optimiza limitele rezervațiilor ulterioare creării acestora, astfel încât să obțină cea mai mare rată de conservare a biodiversității în cadrul negocierilor complexe necesare echilibrării nevoilor sociale și economice cu conservarea habitatelor și a speciilor. Este evident faptul că GIS are un rol central în analiza distribuției geografice a speciilor, în măsurarea și monitorizarea biodiversității și în identificarea priorităților pentru gestionarea conservării. A devenit atât de răspândit, încât evaluarea și monitorizarea habitatelor se realizează în prezent cu un grad ridicat de acuratețe chiar și pentru speciile rare, endemice, cu habitate foarte limitate. (Krigas, Papadimitriou & Mazaris, 2012).

Cercetarea ecologică colaborativă în cadrul căreia cercetătorii utilizează pe scară largă analiza și programele informatice GIS pentru a produce lucrări de ultimă oră în domeniul biologiei conservării este o abordare implementată pe scară largă. Instituțiile gazdă, cu regim echivalent ANANP își desfășoară activitatea în principal prin integrarea seturilor de date și a modelelor existente cu sistemele GIS, pentru a extrage, stoca, promova și valorifica rezultatele din diverse cercetări preexistente, care altfel nu ar fi accesibile altor cercetători în formate cu care aceștia să poată lucra în mod eficient (NCEAS).

Ecologia, ca și ramură științifică, cuprinde totul de la cercetarea pură până la activismul social și politic în vederea atingerii obiectivelor de conservare a biodiversității. Bazându-se pe datele colectate prin intermediul aplicațiilor GIS, se poate dezvoltat un cadru de elaborare a unor planuri specifice pentru diferite regiuni (Groves, Jensen et al, 2002), similar Nature Conservancy. Având în vedere resursele limitate disponibile pentru conservarea biodiversității,

este esențial să se poată identifica zonele “nevralgice” în care trebuie luate măsuri urgente, iar acest cadru oferă celor care lucrează în domeniul conservării aplicate un instrument valoros pentru a realiza această abordare.

Aspecte metodologice

Hărțile de referință sunt fundamentale pentru a înțelege starea biodiversității. Prin combinarea variabilelor biogeografice (climă, sol, topografie, vegetație) cu infrastructura, utilizarea terenurilor (drumuri, terenuri cultivate, căi ferate) și aspecte antropice (densitatea populației) putem începe să identificăm factorii care determină schimbările peisajului și impactul acestora asupra biodiversității. Produsele globale și regionale disponibile, seturile de date bioclimatice și socio-economice pot alimenta dezvoltarea GIS la nivel național, dedicat proceselor de evaluare și conservare a biodiversității. În plus, GIS poate favoriza și comunicarea rezultatelor și a priorităților către factorii de decizie locali prin intermediul atelierelor de lucru ale părților interesate, prin intermediul produselor cartografice (Cowling et al., 2003).

Un alt aspect în care GIS se dovedește a fi valoros pentru eforturile de conservare este explorarea impactului schimbărilor viitoare ale mediului (de exemplu, clima și utilizarea terenurilor) asupra biodiversității. Conform modelelor de predicție climatică, următorii 25-50 de ani, vor aduce cu sine perturbări ale tiparelor de precipitații și creșteri ale temperaturilor. Atunci când astfel de schimbări sunt luate în considerare în contextul creșterii populației și al dezvoltării socio-economice, este inevitabil ca utilizarea terenurilor și a resurselor să fie modificată, cu impacturi concomitente asupra biodiversității. Pentru a lua în considerare implicațiile și posibila gestionare a unor căi alternative asupra conservării biodiversității, este necesară evaluarea scenariilor viitoare. Scenariile sunt un instrument util pentru explorarea unor astfel de schimbări; ele descriu schimbările calitative sau cantitative față de o bază de referință, adesea într-un mod explicit din punct de vedere spațial, și sunt bine stabilite în sferele cercetărilor climatice, în economie și, din ce în ce mai mult, în domeniul conservării. Analiza scenariilor necesită competențe de modelare atât conceptuale, cât și matematice. Această cerință se datorează necesității de a avea scenarii adecvate la nivel regional construite cu cunoștințe locale aprofundate (Swetnam et al., 2011). Aceste potențiale scenarii trebuie transformate în hărți care să descrie schimbările în utilizarea terenurilor, ce pot fi ulterior examinate pentru a identifica impactul negativ asupra biodiversității, precum și posibilele oportunități și constrângeri pentru conservare. Cel mai important, aceste hărți permit factorilor de decizie să înțeleagă impactul politicilor lor asupra unor locații specifice și asupra persoanelor care depind de biodiversitatea din acestea.

Pe lângă aspectele descrise anterior ce se concentrează în special pe identificarea și comunicarea problemelor de conservare, GIS are în plus și potențialul de a elabora soluții. În prezent, există numeroase instrumente de planificare care pot lua rezultatele modelărilor și pot sugera rețele eficiente de zone protejate pentru a maximiza numărul de specii sau habitate protejate. Cerințele complexe privind datele au limitat aplicarea lor în multe regiuni la nivel de instituții de cercetare sau ONG-uri. Însă în colaborare cu instituțiile naționale (Smith et al., 2008) sau locale (Cowling et al., 2003), aceste limitări pot fi depășite. Astfel de instrumente oferă, de asemenea, un mijloc de a implica vizual părțile interesate în elaborarea de soluții la problemele de conservare. Depășind caracterul “tradițional” asociat cu aspecte conservacioniste ale zonele protejate, GIS poate oferi o abordare multifuncțională de

proiectare a peisajului (O'Farrell et al., 2010), care include biodiversitatea și serviciile ecosistemice cheie în procesul de luare a deciziilor și de elaborare a soluțiilor.

Din cauza complexității relative a sarcinii, există o serie de avantaje în utilizarea algoritmilor computerizați cuplați GIS, ca și instrument pentru a ajuta la identificarea zonelor de conservare. Un algoritm este o procedură de rezolvare a unei probleme pas cu pas, de obicei sub forma unui proces de calcul definit prin instrucțiuni scrise într-un limbaj de programare (Williams 1998). Principalul avantaj al utilizării algoritmilor este că aceștia permit delimitarea de "reguli" explicite pentru a identifica un set de zone de conservare. Proiecte similare adresând biodiversitatea (Pressey 1998, Nix et al. 2000), au demonstrat modul în care algoritmi pot fi utilizați pentru a integra compromisurile economice în selectarea zonelor de conservare sau pentru a evidenția anumite zone (de exemplu, terenurile puternic alterate).

Provocări în aplicarea GIS în practicile de conservare

Este bine înțeles faptul că există patru componente pentru utilizarea cu succes a GIS în orice situație: hardware, software, date și practică calificată.

În timp ce calitatea hardware-ului poate fi îmbunătățită, software-ul poate reprezenta o problemă, deoarece majoritatea soluțiilor GIS comerciale sunt sisteme personalizate, costisitoare ce presupun licențiere. În acest sens, dezvoltarea de soluții software cu sursă deschisă are o importanță potențială în domeniul practicii conservării. O serie de GIS cu sursă deschisă (QGIS) sunt dezvoltate la un nivel calitativ cel puțin egal cu cel al soluțiilor proprietare, oferind alternative viabile în special pentru aplicațiile inițiale care domină o mare parte a activității de conservare. O altă problemă este lipsa de date a unor regiuni, sau utilizarea în continuare a hărților format analogic cuplat cu înregistrări de aceeași natură; aceste lacune în infrastructura de date continuă să submineze gestionarea și elaborarea politicilor.

Problema practicienilor calificați în domeniul GIS este mai complexă și reflectă problema accesului la educație, infrastructură și finanțare. Modelarea spațială de tipul celei frecvent întreprinse de proiectele de conservare necesită competențe de nivel avansat. Lipsa de personal care poate nu doar cartografia date dar au și capacitatea de a implementa modele spațiale detaliate este un impediment semnificativ în implementarea unui sistem GIS. Acest grup concret de competențe poate explica, de asemenea, de ce în prezent, o mare parte din activitatea de specialitate este realizată cu sprijin tehnic din extern instituțiilor responsabile, sau prin intermediul unor consultanți privați. Această consolidare a capacităților ar trebui să reprezinte o prioritate, deoarece eroziunea biodiversității are un impact de mare amploare, și trebuie manage-uit unitar la scară națională. Democratizarea seturilor de date, îmbunătățirea infrastructurii și software-ului pot favoriza furnizarea acestei capacități analitice.

VI.2.3 Analizarea oportunității și identificarea modalității de realizare a unei platforme informatice inclusiv cu componentă GIS în domeniul schimbărilor climatice la nivelul serviciilor ecosistemice

Context

Serviciile ecosistemice pot fi definite în diferite moduri; pe scurt, acestea reprezintă beneficiile oferite de natură, care contribuie la bunăstarea oamenilor. Aceste beneficii pot varia de la beneficii / produse tangibile, cum ar fi alimentele și apa proaspătă, până la servicii culturale cum ar fi recreerea și estetica. Pe măsură ce utilizarea acestor beneficii continuă să crească, se exercită presiuni suplimentare asupra ecosistemele naturale care le furnizează. Acest lucru face cu atât mai important atunci când se evaluează posibilele compromisuri între servicii ecosistemice să se ia în considerare atitudinile și preferințele umane care exprimă valorile sociale subiacente asociate cu beneficiile acestora.

În timp ce unele dintre aceste valori pot fi luate în considerare prin intermediul piețelor economice, alte valori pot fi mai greu de cuantificat, iar atribuirea unor valori monetare poate să nu fie foarte utilă în toate cazurile. Indiferent de procesele sau de unitățile utilizate pentru cuantificarea unor astfel de valori, capacitatea de a le cartografia pe întreg teritoriul și de a le corela cu serviciile ecosistemice la care se referă acestea este necesară pentru o evaluare eficientă.

Pentru a răspunde unora dintre nevoile asociate cu cuantificarea și cartografierea valorilor sociale în vederea includerii în serviciile ecosistemice, s-au dezvoltat diferite instrumente specifice. Unele dintre acestea au chiar și un caracter geografic similar unui GIS, conceput pentru a evalua, cartografia și cuantifica valorile serviciilor ecosistemice. În ultimii ani, sistemele de informații geografice (GIS) au devenit deci un instrument puternic de evaluarea furnizării de servicii ecosistemice în cadrul unui peisaj. GIS poate ajuta administratorii de terenuri și specialiștii în conservare să vizualizeze modelele spațiale și temporale și schimbările în serviciile ecosistemice și să estimeze impactul potențial al schimbărilor preconizate în utilizarea terenurilor, a gestionării sau a condițiilor climatice asupra furnizării acestor servicii. Scopul final al evaluării serviciilor ecosistemice este, de obicei, estimarea valorilor marginale ale serviciilor ecosistemice pentru a sprijini deciziile ulterioare. Deoarece capacitatea de a estima furnizarea de servicii ecosistemice are la bază aspecte puternic teoretice și uneori dificil de cuantificat datorită aspectelor sociale implicate, bazele teoretice ale GIS și a modelelor de evaluare a serviciilor ecosistemice trebuie să fie puternic reprezentată în cadrul instituțiilor responsabile de astfel de evaluări, înainte ca rezultatele să poată fi utilizate în scopuri decizionale.

Se înregistrează progrese importante atât în domeniul științific, cât și în ceea ce privește software-ul pentru evaluarea serviciilor ecosistemice. Știința a progresat de comun acord cu inițiative internaționale precum Millenium Ecosystem Assessment, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Common International Classification of Ecosystem Services și Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Evoluția teoriei în acest domeniu se reflectă, de asemenea, în evoluții precum o mai mare precizie a sistemelor taxonomice utilizate pentru a descrie și măsura serviciile ecosistemice (Haines-Young și Potschin 2018). Practica evaluării serviciilor ecosistemice a avansat, de asemenea,

odată cu dezvoltarea și testarea exhaustivă a software-ului specializat (Ferrier et al., 2016), precum și cu adoptarea de software dezvoltat inițial în alte scopuri (Francesconi et al., 2016).

Serviciile web de evaluare a serviciilor ecosistemice (ESWS) sunt o nouă abordare interfațată web, destinată cuantificării beneficiilor derivate din ecosisteme. Mai exact, ESWS reprezintă aplicarea standardelor web open source la evaluarea serviciilor ecosistemice pentru a facilita crearea, analiza și diseminarea în mod transparent. Această integrare eficientizează colaborarea, automatizarea și conservarea, oferind în același timp o interfață deschisă prin care pot fi încorporate actualizări ale scenariilor urmărite. Abordarea creează un nou nivel de interoperabilitate prin care fiecare tranziție între etapele de procesare utilizează standarde care asigură fluxuri de lucru coerente între modele și platforme. Acest lucru conferă o modularitate care poate fi examinată și extinsă la fiecare etapă (M. Lacayo et al 2021).

Evaluare a serviciilor ecosistemice: premise metodologice

Cuantificarea serviciilor ecosistemice se realizează folosind metode coerente și comparabile. Serviciile ecosistemice au fost cuantificate la diferite intervale spațiale și temporale, în raport cu aprovizionarea sau producția, cererea și consumul acestora, și folosind o abordare bazată pe o serie de indicatori sau parametri. În unele cazuri, acest lucru a fost un derivat al datelor disponibile pentru cuantificarea serviciilor ecosistemice. Drept urmare, nevoia de date explicite din punct de vedere spațial pentru utilizare în analizele GIS a restrâns și mai mult alegerile tipurilor de date utilizate.

Mai recent, s-a încercat utilizarea GIS împreună cu metodologiile din domeniul științelor sociale pentru a atribui valori nemonetare (statice) pentru beneficiile serviciilor ecosistemice. Acest lucru a fost realizat prin intermediul unor metode participative (Bryan et al. 2011), în cadrul cărora beneficiarii serviciilor ecosistemice evaluează zonele care sunt importante sau valoroase pentru ei în ceea ce privește furnizarea de servicii ecosistemice și beneficii. Înțelegerea cererii poate fi importantă, deoarece o schimbare în oferta de un serviciu ecosistemic nu înseamnă neapărat că va avea loc o schimbare asociată la nivel social. Însă aceste situații, evaluarea serviciilor ecosistemice se face parțial manual, fără a se utiliza un software specific.

În extrema opusă a spectrului, sistemele dezvoltate pe profil GIS capabile să ofere aceste avantaje cu cerințe reduse de date și transparentă ridicată, asigură ușurința în utilizare și capacitatea de control datorită standardizării și reproductibilității rezultatelor. O astfel de abordare sprijină alocarea în timp util și eficientă a resurselor informatice și umane. Rezultatele pot fi utilizate pentru a evalua rapid scenariile și pentru a evidenția când și unde ar putea fi utilă o analiză mai aprofundată.

Studii recente (Wood et al 2018) au identificat douăsprezece instrumente de evaluare a serviciilor ecosistemice, comparându-le pe baza ușurinței de utilizare și a capacităților de modelare. Artificial Intelligence for Environment & Sustainability (Villa et al., 2014) și Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs (Nelson et al., 2009) se evidențiază ca acoperind cele mai multe servicii, pe lângă soluții dedicate, adaptate pentru aplicații specifice, precum Resource Investment Optimization System (Vogl et al., 2017) pentru gestionarea bazinelor hidrografice și Offset Portfolio Analyzer and Locator (Mandle et al., 2016) pentru evaluarea impactului restaurării ecologice.

Cu toate acestea, o preocupare emergentă în sfera GIS dedicată serviciilor ecosistemice, este reproductibilitatea datelor, ce pune sub semnul întrebării veridicitatea rezultatelor și

validitatea politicilor pe care acestea le implică (Nust et al., 2018). Reproductibilitatea este o problemă complexă care implică bariere juridice (Borgman 2012), tehnice, modele de afaceri (Doctorow 2019) și mecanisme de recompensare academică (Nüst et al., 2018).

În timp ce, din punct de vedere istoric, analiza incertitudinii a fost considerată ca implicită procesului de evaluare a serviciilor ecosistemice, soluționată prin etichetarea drept concesiune suficientă în fața opiniilor contrare, astăzi, reproductibilitatea este singurul mod de validare acceptat pe scară largă. În acest scop, este esențială înțelegerea și implementarea diferitelor aspecte ale reproductibilității.

Interoperabilitatea oferă cel puțin o soluție parțială. Îmbunătățirile aspectelor software ar putea produce fluxuri de lucru ușor de partajat care ar crește raportul dintre rezultat și input prin reducerea timpului și a expertizei necesare pentru a examina în detaliu un studiu și a-l reproduce.

În ceea ce privește proveniența datelor, sau accesul la acestea, soluția evidentă este implementarea ESWS (Ecosystem Services Web Service). Separarea dintre utilizator, date și software permite controlul accesului utilizatorului și, în general, o astfel de capacitatea sporită de partajare favorizează o mai mare colaborare.

Abordarea ESWS introduce însă probleme legate de longevitatea datelor, a software-ului, a serviciilor și a fluxului de lucru. WCS și WFS sunt potrivite pentru a aborda această problemă prin încorporarea datelor cu metadatele lor și prin furnizarea capacității de a produce arhive ale unor seturi întregi de date, atunci când este posibil, sau numai a subsetului relevant. În plus, metadatele pot fi completate cu o referință URL încorporată la informații suplimentare, cum ar fi proveniența datelor (Jiang et al., 2018).

Serviciile web (OWS) ale Open Geospatial Consortium (OGC) reprezintă o alternativă viabilă, în timp ce este un proces ce aduce cu sine nevoia unui set nou de abilități și o schimbare de viziune, deoarece definesc un set de standarde pentru schimbul de date geografice care păstrează reprezentarea ontologică (Mueller & Pross 2015). Acestea depășesc cu mult transferul de date statice și includ accesul în timp real la rețele de senzori, căutarea meta a agregatorilor de date și chiar gestionarea datelor pentru calculul între modelele de pe un singur punct de lucru (Giuliani et al., 2012). Aceasta înseamnă că datele spațiale nu sunt stocate, interogate și recuperate fără a se înțelege calitățile lor inerente, OWS fiind analog unui limbaj universal pentru datele spațiale. Încorporarea acestora în evaluarea serviciilor ecosistemice ar putea oferi beneficii considerabile pentru creșterea validității științei evaluării serviciilor ecosistemice și a implicațiilor sale politice.

Maturitatea proceselor de evaluare a serviciilor ecosistemice și a standardelor OWS asigură o abordare integrată a colectării, prelucrării și analizei datelor spațiale pentru evaluarea serviciilor ecosistemice.

ESWS adoptă abordarea de software ca serviciu (SaaS) și încapsulează fiecare etapă a analizei în OWS, inclusiv toate intrările și ieșirile. Acest lucru permite ca orice punct al fluxului de lucru să fie modificat sau redirecționat într-un nou proces înainte de a continua și diferă de alte abordări care permit doar consumul intrărilor inițiale și publicarea rezultatelor finale. În plus, întrucât OWS sunt API-uri, acestea sunt agnostice față de platforme și nu necesită software sau hardware specific pentru implementare, putând fi utilizate cu multe resurse existente.

Un exemplu prototip al acestui format (ARTICOL EI) este structurat din patru componente: frontend client, serverul de date tabelare, serverul de date spațiale și serverul de procesare, fiecare dintre acestea fiind independentă și putând fi găzduită pe mașini separate. Acolo unde este posibil, comunicarea între aceste elemente se realizează prin intermediul OWS cu ajutorul comenzilor REST (representational state transfer) și al URL-urilor formate, ceea ce permite integrarea de noi componente terțe conforme cu OWS. Frontend client este un tablou de control din care se controlează serverele.

Limitări tehnice

Într-o perspectivă mai generală, trebuie amintit că deși există un mare potențial pentru utilizarea modelelor de servicii ecosistemice dezvoltate recent pentru a înțelege serviciile ecosistemice într-un context dinamic, acestea nu sunt încă suficient de rafinate pentru a sprijini majoritatea proceselor decizionale. Factorii de decizie urmăresc aplicarea unor asemenea instrumentele și abordările privind serviciile ecosistemice pentru a modela schimbările ecosistemice în contextul problemelor lor specifice, însă rezultatele nu sunt tratate cu prudența necesară. Rezultatele generate la scară largă, folosind soluții externe trebuie să fie validate și verificate în raport cu datele observate, în special în sistemele care sunt foarte diferite de cele în care au fost dezvoltate modelele (Nelson & Daily 2010). De asemenea, modelele trebuie să ia în considerare și să reprezinte mai bine stohasticul, dependența de scară și noniniaritatea proceselor ecologice. În acest sens, toate actualele modele de servicii ecosistemice ar trebui să fie considerate lucrări în curs de realizare (M. Lacayo et al 2021). Alternativ, limitările pachetelor software și a nevoilor specifice contextului din locații, pot fi compensate prin implementări de modele locale, pentru care sunt necesare însă competențe avansate în domeniul GIS.

În ceea ce privește aspectele practice ale implementării ESWS, acestea implică mai multe limitări. Necesitatea mai multor biblioteci pentru a realiza suita de standarde OWS rămâne o vulnerabilitate, cu o posibilitate crescută ca acestea să devină incompatibile. Cele mai multe OWS au fost extinse și au mai multe versiuni, astfel încât versiunea specifică pe care o implementează o bibliotecă înseamnă că setul de caracteristici acceptate între clienți și servere poate varia.

Pentru o mobilitate reală, încorporarea în ESWS a containerelor, cum ar fi Docker, sau a metodelor de distribuție a pachetelor, cum ar fi Python Package Index, ar putea fi de asemenea utilă.

Specifice unui asemenea prototip sunt limitările cauzate de distribuția sa ca mașină virtuală, care este practică prin faptul că este o soluție la cheie, dar acest lucru limitează, de asemenea, performanța

VII. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Schimbările climatice afectează deja biodiversitatea din ariile naturale protejate. Înțelegerea și documentarea acestui proces aflat în plină desfășurare este extrem de importantă pentru dezvoltarea adaptării în domeniul conservării biodiversității. Prin urmare, este esențial să se analizeze mai bine vulnerabilitatea speciilor, habitatelor și a AP-urilor în

fața schimbărilor climatice și să fie dezvoltate de către agențiile de protecție și conservare a naturii instrumente de adaptare a managementului rețelei AP existente pe această direcție, astfel încât speciile și habitatele să facă față modificărilor induse de schimbările climei. Evaluarea celor trei componente de bază ale vulnerabilității (gradul de expunere climatică, sensibilitatea și capacitatea adaptativă), permite administratorilor de AP estimarea riscurilor aferente producerii schimbărilor climatice.

Majoritatea evaluărilor de vulnerabilitate climatică nu trebuie făcute pentru fiecare sit protejat în parte, acestea fiind eficiente dacă sunt realizate la scară regională și/sau națională. Aproape toate evaluările din AP sunt realizate în colaborare între administratorii ariilor, experți în ecologie, biologie, geografie, meteorologie, etc. împreună cu alți factori interesați. Administratorii ariilor protejate trebuie să identifice oamenii de știință cu abilitățile tehnico-științifice și sociale necesare pentru a conduce o evaluare a vulnerabilității care să răspundă nevoilor de adaptare/atenuare a biodiversității AP-urilor. Experții implicați în realizarea evaluărilor de vulnerabilitate climatică sunt de obicei asociați cu o universitate, instituție de cercetare sau ONG de profil.

Măsura în care schimbările climatice și impactul acestora afectează biodiversitatea și diferitele arii protejate este foarte variabilă. Schimbările climatice se pot manifesta fie prin presiuni și amenințări, fie prin oportunități. Este important de reținut faptul că, în ciuda managementului optim, unele specii și habitate ar putea dispărea, dar și că în același timp, alte situri pot vedea câștiguri de biodiversitate.

Recomandări pentru managementul adaptativ al biodiversității, ariilor protejate și ecosistemelor:

- ✓ Colectarea de date și efectuarea de studii privind vulnerabilitatea ariilor protejate și ecosistemelor exprimate prin gradul de expunere, sensibilitate și capacitate adaptativă speciilor și a habitatelor față de fenomenele meteorologice în schimbare.
- ✓ Inventarierea măsurilor de succes implementate până în prezent.
- ✓ Implementarea măsurilor care au ca scop reducerea presiunilor existente asupra siturilor protejate, deoarece acestea au un rol cheie în diminuarea impactului schimbărilor climatice asupra biodiversității contribuind la creșterea rezilienței speciilor și habitatelor.
- ✓ Definirea schimbărilor climatice în termeni de amploarea și tipul/categoria impactului actual și/sau probabil să se manifeste pe viitor și utilizarea acestor date pentru dezvoltarea de planuri de management adaptativ.
- ✓ Dezvoltarea de coridoare climatice regionale, naționale și transfrontaliere care pot facilita dispersia speciilor pe distanțe mari, asigurând conectivitatea.

- ✓ Dezvoltarea de parteneriate cu factorii interesați, precum și cu cei din alte sectoare economice, facilitarea parteneriatelor public-private.
- ✓ Colaborarea cu factorii politici decizionali, din toate sectoarele, în special cei din domeniul transporturilor, agriculturii, turism, planificării teritoriului pentru dezvoltarea unor oportunități de cooperare în vederea atenuării efectelor schimbărilor climatice prin obținerea unor beneficii comune socio-economice și pentru capitalul natural.
- ✓ Factori politici decizionali trebuie să se asigure de faptul că ariile protejate individuale, precum și rețeaua de arii protejate este integrată în mod coerent și funcțional în cadrul infrastructurii verzi.

VIII. BIBLIOGRAFIE

1. Bakkenes, M. *et al.* (2002) 'Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050', *Global Change Biology*, 8(4), pp. 390-407. doi: 10.1046/j.1354-1013.2001.00467.x.
2. Del Barrio, G. *et al.* (2006) 'Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: Comparison and implications for policy', *Environmental Science and Policy*, 9(2), pp. 129-147. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.005.
3. Busby, J. (1991) 'BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system', *Plant Protection Quarterly*, 6, pp. 8-9.
4. Carpenter, G., Gillison, A. N. and Winter, J. (1993) 'DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals', *Biodiversity & Conservation*, 2(6), pp. 667-680. doi: 10.1007/BF00051966.
5. Carter, T. R. and IPCC TGICA (2007) *General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2.*
6. Comisia Europeană (2020) *Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030*, COM(2020) 380. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
7. EEA-European Environment Agency (2018) *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe, 2018*, European Environment Agency. doi: 10.2800/348489.
8. Elith, J. *et al.* (2006) 'Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data', *Ecography*, 29(2), pp. 129-151. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906->

9. FAO and CIFOR (2019) *FAO Framework Methodology for Climate Change Vulnerability Assessments of Forests and Forest Dependent People*. Rome. doi: 10.4060/ca7064en.
10. Foden, W. B. *et al.* (2019) 'Climate change vulnerability assessment of species', *WIREs Climate Change*, 10(1), p. e551. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.551>.
11. Foden, W. and Young, B. (2016) *Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change, Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change*. Edited by W. Foden and B. Young. IUCN. doi: 10.2305/iucn.ch.2016.ssc-op.59.en.
12. Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. (2002) 'Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene', *Ecological Modelling*, 157(2), pp. 89-100. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00204-1).
13. Guisan, A. and Theurillat, J.-P. (2000) 'Assessing alpine plant vulnerability to climate change: a modeling perspective', *Integrated Assessment*. doi: 10.1023/A:1018912114948.
14. Guisan, A., Weiss, S. B. and Weiss, A. D. (1999) 'GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution', *Plant Ecology*, 143, pp. 107-122.
15. Guisan, A. and Zimmermann, N. E. (2000) 'Predictive habitat distribution models in ecology', *Ecological Modelling*, 135(2), pp. 147-186. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9).
16. HABIT-CHANGE (2014) *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change, Advances in Global Change Research*. Edited by S. Rannow and M. Neubert. Springer Open. doi: 10.1007/978-94-007-7960-0_2.
17. Hijmans, R. J. *et al.* (2005) 'Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas', *International Journal of Climatology*, 25(15), pp. 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276.
18. Johnston, L. *et al.* (2014) *Implications of Climate Change for Biodiversity: A community-level modelling approach*. Available at: www.AdaptNRM.org.
19. Loarie, S. R. *et al.* (2008) 'Climate change and the future of California's endemic flora', *PloS one*, 3(6), pp. e2502-e2502. doi: 10.1371/journal.pone.0002502.
20. Morecroft, M. D. and Speakman, L. (2015) *Biodiversity Climate Change Impacts Summary Report. Living With Environmental Change*.
21. Nunez, S. *et al.* (2019) 'Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2°C enough?', *Climatic Change*, 154(3-4), pp. 351-365. doi: 10.1007/s10584-019-02420-x.

22. Parish, F. *et al.* (2008) *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
23. Parmesan, C. and Yohe, G. (2003) 'A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems', *Nature*. doi: 10.1038/nature01286.
24. Phillips, S. J. and Dudík, M. (2008) 'Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation', *Ecography*, 31(2), pp. 161-175. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.
25. Pörtner, H. O. *et al.* (2021) *Biodiversity and climate change, IPBS and IPCC*. doi: 10.5281/zenodo.4782538.IPBES.
26. Pottier, J. *et al.* (2014) 'Modelling plant species distribution in alpine grasslands using airborne imaging spectroscopy.', *Biology letters*, 10(7), p. 20140347. doi: 10.1098/rsbl.2014.0347.
27. Prober, S. *et al.* (2015) *Helping biodiversity adapt: supporting climate adaptation planning using a community-level modelling approach*. CSIRO Land and Water Flagship, Canberra. doi: ISBN 978-1-4863-0560-5.
28. Raes, N. *et al.* (2009) 'Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models', *Ecography*, 32(1), pp. 180-192. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05800.x>.
29. Riordan, E. C. and Rundel, P. W. (2009) 'Modelling the distribution of a threatened habitat: the California sage scrub', *Journal of Biogeography*, 36(11), pp. 2176-2188. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02151.x>.
30. Royal Society (2021) *Climate change and biodiversity Interlinkages and policy options*.
31. Thomas, C. D. *et al.* (2004) 'Extinction risk from climate change', *Nature*, 427(6970), pp. 145-148. doi: 10.1038/nature02121.
32. Thuiller, W. (2004) 'Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change', *Global Change Biology*, 10(12), pp. 2020-2027. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00859.x>.
33. UNEP-WCMC (2017) *Species responses to climate change: implications for resilient biodiversity management, UNEP-WCMC*. Cambridge, UK.
34. ANM (2008) *Clima României*. Academia Română, București
35. ANM (2021) *Scenarii climatice*. În: *Meteo Romania*. <https://www.meteoromania.ro/clima/scenarii-climatice/>
36. Birsan M-V, Dumitrescu A, Micu DM, Cheval S (2014) Changes in annual temperature

extremes in the Carpathians since AD 1961. *Natural Hazards* 74:1899-1910.
<https://doi.org/10.1007/s11069-014-1290-5>

37. Birsan M-V, Micu D-M, Niță I-A, et al (2019) Spatio-temporal changes in annual temperature extremes over Romania (1961-2013). *Romanian Journal of Physics* 64:

38. Bojariu R, Bîrsan M-V, Cică R, et al (2015) Schimbările climatice - de la bazele fizice la riscuri și adaptare. Printech, București

39. Bojariu R, Chițu Z, Dascălu SI, et al (2021) Schimbările climatice - de la bazele fizice la riscuri și adaptare - Ediție revăzută și adăugită. Printech, București

40. Busuioc A, Birsan M-V, Carbutaru D, et al (2016) Changes in the large-scale thermodynamic instability and connection with rain shower frequency over Romania: verification of the Clausius-Clapeyron scaling. *International Journal of Climatology* 36:2015-2034. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/joc.4477>

41. CNSU (2020) Planul national de management al riscurilor de dezastre. București

42. Consiliul European (2021) 5 facts about the EU's goal of climate neutrality. <https://www.consilium.europa.eu/en/5-facts-eu-climate-neutrality/>

43. COP21 (2015) The Paris Agreement. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

44. Croitoru A-E, Piticar A, Ciupertea A-F, Roșca CF (2016) Changes in heat waves indices in Romania over the period 1961-2015. *Global and Planetary Change* 146:109-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.08.016>

45. Croitoru A-E, Piticar A, Sfaca L, et al (2018) Extreme temperature and precipitation events in Romania. Editura Academiei Romane, București

46. Croitoru A, Piticar A, So C, Cristina D (2013) Recent changes in reference evapotranspiration in Romania. 111:127-132

47. Dima V, Georgescu F, Irimescu A, Mihăilescu D (2016) Valuri de caldură în România. Printech, București

48. Dumitrescu A, Birsan M-V (2015) ROCADA: a gridded daily climatic dataset over Romania (1961-2013) for nine meteorological variables. *Natural Hazards* 78:1045-1063. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1757-z>

49. Dumitrescu A, Bojariu R, Birsan M-V, et al (2015) Recent climatic changes in Romania from observational data (1961-2013). *Theoretical and Applied Climatology* 122:111-119. <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1290-0>

50. ECAD (2020) E-OBS. https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php

51. ECMWF (2021a) Downscaled bioclimatic indicators for selected regions from 1979 to 2018 derived from reanalysis. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381/cds.fe90a594?tab=overview>

52. ECMWF (2021b) CMIP6 climate projections. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cmip6?tab=overview>

53. ECMWF (2021c) CORDEX regional climate model data on single levels. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cordex-domains-single-levels?tab=overview>

54. ECMWF (2021d) Downscaled bioclimatic indicators for selected regions from 1950 to 2100 derived from climate projections. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/sis-biodiversity-cmip5-global?tab=overview>

55. EEA (2021a) Observed annual mean temperature trend from 1960 to 2020 (left panel)

and projected 21st century temperature change under different SSP scenarios (right panels) in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/observed-annual-mean-temperature-trend>

56. EEA (2021b) Projected change in annual and summer precipitation. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-changes-in-annual-and-5>

57. IPCC (2021) About the IPCC. <https://www.ipcc.ch/about/>

58. IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change e [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva

59. IPCC (2019) Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

60. Micu DM, Dumitrescu A, Cheval S, et al (2021) Temperature changes and elevation-warming relationships in the Carpathian Mountains. *International Journal of Climatology* 41:2154-2172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/joc.6952>

61. Micu DM, Dumitrescu A, Cheval S, Birsan M-V (2015) Changing Climate Extremes in the Last Five Decades (1961-2010) BT - Climate of the Romanian Carpathians: Variability and Trends. In: Micu DM, Dumitrescu A, Cheval S, Birsan M-V (eds). Springer International Publishing, Cham, pp 187-198

62. Muñoz Sabater J (2019) ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/doi:10.24381/cds.68d2bb30>

63. Pravalie R (2014) Analysis of temperature , precipitation and potential evapotranspiration trends in southern oltenia in the context of climate change. *Geographia Technica* 09:68-84

64. Prăvălie R (2013) Climate issues on aridity trends of southern Oltenia in the last five decades. *Geographia Technica* 70-79

65. Prăvălie R, Patriche C, Săvulescu I, et al (2020) Spatial assessment of land sensitivity to degradation across Romania. A quantitative approach based on the modified MEDALUS methodology. *CATENA* 187:104407.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104407>

66. Prăvălie R, Piticar A, Roșca B, et al (2019) Spatio-temporal changes of the climatic water balance in Romania as a response to precipitation and reference evapotranspiration trends during 1961-2013. *CATENA* 172:295-312.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.08.028>

67. Vlăduț A (2013) Evaluarea riscurilor climatice în Câmpia Olteniei în Contextul schimbărilor climatice globale. Editura Universitaria, Craiova

68. Vladut A, Ontel I (2013) Summer air temperature variability and trends within Oltenia Plain. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijic” SASA* 371-381. <https://doi.org/10.2298/IJGI1303371V>

69. Vlăduț A, Onțel I (2014) Analysis of precipitation characteristics and trends for the Getic Piedmont and Subcarpathians, Oltenia region, Romania. *Forum geografic* XIII:147-152. <https://doi.org/10.5775/fg.2067-4635.2014.036.d>

70. WCRP (2021) CMIP. <https://www.wcrp-climate.org/about-wcrp/wcrp-overview>

71. WCRP (2021) EURO-CORDEX. <https://www.euro-cordex.net/index.php.en>

72. Anderson EP, Marengo J, Villalba R, et al (2011) Consequences of Climate Change for Ecosystems and Ecosystem Services in the Tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research : SCOPE
73. Boone RB, Conant RT, Sircely J, et al (2018) Climate change impacts on selected global rangeland ecosystem services. *Glob Change Biol* 24:1382-1393. <https://doi.org/10.1111/gcb.13995>
74. Civantos E, Thuiller W, Maiorano L, et al (2012) Potential Impacts of Climate Change on Ecosystem Services in Europe: The Case of Pest Control by Vertebrates. *BioScience* 62:658-666. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.7.8>
75. Forsius M, Anttila S, Arvola L, et al (2013) Impacts and adaptation options of climate change on ecosystem services in Finland: a model based study. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5:26-40. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.01.001>
76. IPCC (2014) Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability: Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY
77. Marx A, Erhard M, Thober S, et al (2019) Climate Change as Driver for Ecosystem Services Risk and Opportunities. In: Schröter M, Bonn A, Klotz S, et al. (eds) *Atlas of Ecosystem Services*. Springer International Publishing, Cham, pp 173-178
78. MEA (2005) *Ecosystems and human well-being: health synthesis*. World Health Organization, Geneva, Switzerland
79. Mina M, Bugmann H, Cordonnier T, et al (2017) Future ecosystem services from European mountain forests under climate change. *J Appl Ecol* 54:389-401. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12772>
80. Nelson EJ, Kareiva P, Ruckelshaus M, et al (2013) Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:483-493. <https://doi.org/10.1890/120312>
81. Palomo I (2017) Climate Change Impacts on Ecosystem Services in High Mountain Areas: A Literature Review. *Mountain Research and Development* 37:179-187. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00110.1>

82. Weiskopf SR, Rubenstein MA, Crozier LG, et al (2020) Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment* 733:137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
83. Zarrineh N, Abbaspour KC, Holzkämper A (2020) Integrated assessment of climate change impacts on multiple ecosystem services in Western Switzerland. *Science of The Total Environment* 708:135212. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135212>
84. Bakkenes, M. *et al.* (2002) 'Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050', *Global Change Biology*, 8(4), pp. 390-407. doi: 10.1046/j.1354-1013.2001.00467.x.
85. del Barrio, G. *et al.* (2006) 'Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: Comparison and implications for policy', *Environmental Science and Policy*, 9(2), pp. 129-147. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.005.
86. Busby, J. (1991) 'BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system', *Plant Protection Quarterly*, 6, pp. 8-9.
87. Carpenter, G., Gillison, A. N. and Winter, J. (1993) 'DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals', *Biodiversity & Conservation*, 2(6), pp. 667-680. doi: 10.1007/BF00051966.
88. Carter, T. R. and IPCC TGICA (2007) *General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2.*
89. Comisia Europeană (2020) *Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030, COM(2020) 380.* doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
90. EEA-European Environment Agency (2018) *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe, 2018, European Environment Agency.* doi: 10.2800/348489.
91. Elith, J. *et al.* (2006) 'Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data', *Ecography*, 29(2), pp. 129-151. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.
92. FAO and CIFOR (2019) *FAO Framework Methodology for Climate Change Vulnerability Assessments of Forests and Forest Dependent People.* Rome. doi: 10.4060/ca7064en.
93. Foden, W. B. *et al.* (2019) 'Climate change vulnerability assessment of species', *WIREs*

Climate Change, 10(1), p. e551. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.551>.

94. Foden, W. and Young, B. (2016) *Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change, Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change*. Edited by W. Foden and B. Young. IUCN. doi: 10.2305/iucn.ch.2016.ssc-op.59.en.
95. Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. (2002) 'Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene', *Ecological Modelling*, 157(2), pp. 89-100. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00204-1).
96. Guisan, A. and Theurillat, J.-P. (2000) 'Assessing alpine plant vulnerability to climate change: a modeling perspective', *Integrated Assessment*. doi: 10.1023/A:1018912114948.
97. Guisan, A., Weiss, S. B. and Weiss, A. D. (1999) 'GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution', *Plant Ecology*, 143, pp. 107-122.
98. Guisan, A. and Zimmermann, N. E. (2000) 'Predictive habitat distribution models in ecology', *Ecological Modelling*, 135(2), pp. 147-186. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9).
99. HABIT-CHANGE (2014) *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change, Advances in Global Change Research*. Edited by S. Rannow and M. Neubert. Springer Open. doi: 10.1007/978-94-007-7960-0_2.
100. Hijmans, R. J. *et al.* (2005) 'Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas', *International Journal of Climatology*, 25(15), pp. 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276.
101. Johnston, L. *et al.* (2014) *Implications of Climate Change for Biodiversity: A community-level modelling approach*. Available at: www.AdaptNRM.org.
102. Loarie, S. R. *et al.* (2008) 'Climate change and the future of California's endemic flora', *PloS one*, 3(6), pp. e2502-e2502. doi: 10.1371/journal.pone.0002502.
103. Morecroft, M. D. and Speakman, L. (2015) *Biodiversity Climate Change Impacts Summary Report. Living With Environmental Change*.
104. Nunez, S. *et al.* (2019) 'Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2°C enough?', *Climatic Change*, 154(3-4), pp. 351-365. doi: 10.1007/s10584-019-02420-x.
105. Parish, F. *et al.* (2008) *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen*.
106. Parmesan, C. and Yohe, G. (2003) 'A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems', *Nature*. doi: 10.1038/nature01286.

107. Phillips, S. J. and Dudík, M. (2008) 'Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation', *Ecography*, 31(2), pp. 161-175. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.
108. Pörtner, H. O. *et al.* (2021) *Biodiversity and climate change, IPBS and IPCC*. doi: 10.5281/zenodo.4782538.IPBES.
109. Pottier, J. *et al.* (2014) 'Modelling plant species distribution in alpine grasslands using airborne imaging spectroscopy.', *Biology letters*, 10(7), p. 20140347. doi: 10.1098/rsbl.2014.0347.
110. Prober, S. *et al.* (2015) *Helping biodiversity adapt: supporting climate adaptation planning using a community-level modelling approach*. CSIRO Land and Water Flagship, Canberra. doi: ISBN 978-1-4863-0560-5.
111. Raes, N. *et al.* (2009) 'Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models', *Ecography*, 32(1), pp. 180-192. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05800.x>.
112. Riordan, E. C. and Rundel, P. W. (2009) 'Modelling the distribution of a threatened habitat: the California sage scrub', *Journal of Biogeography*, 36(11), pp. 2176-2188. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02151.x>.
113. Royal Society (2021) *Climate change and biodiversity Interlinkages and policy options*.
114. Thomas, C. D. *et al.* (2004) 'Extinction risk from climate change', *Nature*, 427(6970), pp. 145-148. doi: 10.1038/nature02121.
115. Thuiller, W. (2004) 'Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change', *Global Change Biology*, 10(12), pp. 2020-2027. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00859.x>.
116. UNEP-WCMC (2017) *Species responses to climate change: implications for resilient biodiversity management*, UNEP-WCMC. Cambridge, UK.
117. '5th International field symposium "West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present" and the International conference "Carbon Balance of Western Siberian Mires in the Context of Climate Change"' (2018) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi: 10.1088/1755-1315/138/1/011001.
118. ACIA (Arctic Climate Impact Assessment) (2004) *Impacts of a warming Arctic*.
119. Alados, C. L. *et al.* (2004) 'Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid Mediterranean ecosystem', *Landscape Ecology*. doi:

10.1023/B:LAND.0000036149.96664.9a.

120. Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, A. S. (2007) 'Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', in *2007: Europe*, pp. 541-580.

121. Alcamo, J. *et al.* (2003) 'Global estimates of water withdrawals and availability under current and future "business-as-usual" conditions', *Hydrological Sciences Journal*. doi: 10.1623/hysj.48.3.339.45278.

122. Alexander, L. V. *et al.* (2006) 'Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation', *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. doi: 10.1029/2005JD006290.

123. Andréasson, J. *et al.* (2004) 'Hydrological change - Climate change impact simulations for Sweden', *Ambio*. doi: 10.1579/0044-7447-33.4.228.

124. Araújo, M. B., Thuiller, W. and Pearson, R. G. (2006) 'Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe', *Journal of Biogeography*. doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01482.x.

125. Askeyev, O. V. *et al.* (2005) 'The effect of climate on the phenology, acorn crop and radial increment of pedunculate oak (*Quercus robur*) in the middle Volga region, Tatarstan, Russia', *International Journal of Biometeorology*. doi: 10.1007/s00484-004-0233-3.

126. Austin, G. E. and Rehfisch, M. M. (2005) 'Shifting nonbreeding distributions of migratory fauna in relation to climatic change', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00876.x.

127. Babiker, M. H. and Eckaus, R. S. (2002) 'Rethinking the Kyoto emissions targets', *Climatic Change*. doi: 10.1023/A:1016139500611.

128. Badeck, F. W. *et al.* (2001) 'Tree species composition in European pristine forests: Comparison of stand data to model predictions', *Climatic Change*. doi: 10.1023/A:1012577612155.

129. Bakkenes, M. *et al.* (2002) 'Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1354-1013.2001.00467.x.

130. Barrera, A., Llasat, M. C. and Barriendos, M. (2006) 'Estimation of extreme flash flood evolution in Barcelona County from 1351 to 2005', *Natural Hazards and Earth System Sciences*.

doi: 10.5194/nhess-6-505-2006.

131. del Barrio, G. *et al.* (2006) 'Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: Comparison and implications for policy', *Environmental Science and Policy*. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.005.
132. Battisti, A. (2008) 'Forests and climate change - Lessons from insects', *IForest*. doi: 10.3832/ifor0210-0010001.
133. Beniston, M. (2002) 'Climatic change: Possible impacts on human health', *Swiss Medical Weekly*. doi: 2002/25/smw-10041.
134. Beniston, M. *et al.* (2007) 'Future extreme events in European climate: An exploration of regional climate model projections', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-9226-z.
135. Berry, P. M. *et al.* (2006) 'Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation', *Environmental Science and Policy*. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.004.
136. Blenckner, T. (2005) 'A conceptual model of climate-related effects on lake ecosystems', *Hydrobiologia*. doi: 10.1007/s10750-004-1463-4.
137. Blennow, K. and Sallnäs, O. (2002) 'Risk perception among non-industrial private forest owners', *Scandinavian Journal of Forest Research*. doi: 10.1080/028275802320435487.
138. De Boeck, H. J. *et al.* (2006) 'How do climate warming and plant species richness affect water use in experimental grasslands?', *Plant and Soil*. doi: 10.1007/s11104-006-9112-5.
139. Böhm, R. *et al.* (2001) 'Regional temperature variability in the European Alps: 1760-1998 from homogenized instrumental time series', *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.689.
140. Boisvenue, C. and Running, S. W. (2006) 'Impacts of climate change on natural forest productivity - Evidence since the middle of the 20th century', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01134.x.
141. Bouraoui, F. *et al.* (2004) 'Impact of climate change on the water cycle and nutrient losses in a finnish catchment', *Climatic Change*. doi: 10.1023/B:CLIM.0000043147.09365.e3.
142. Briers, R. A., Gee, J. H. R. and Geoghegan, R. (2004) 'Effects of the North Atlantic Oscillation on growth and phenology of stream insects', *Ecography*. doi: 10.1111/j.0906-7590.2004.04005.x.
143. Broadmeadow, M. S. J., Ray, D. and Samuel, C. J. A. (2005) 'Climate change and the

future for broadleaved tree species in Britain’, *Forestry*. doi: 10.1093/forestry/cpi014.

144. Brommer, J. E. (2004) ‘The range margins of northern birds shift polewards’, *Annales Zoologici Fennici*.
145. Buckland, S. M. *et al.* (2001) ‘Grassland invasions: Effects of manipulations of climate and management’, *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00603.x.
146. Burton, I. *et al.* (2002) ‘From impacts assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy’, *Climate Policy*. doi: 10.3763/cpol.2002.0217.
147. Busuioc, A. (2001) ‘Large-Scale Mechanisms Influencing the Winter Romanian Climate Variability’, in *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. doi: 10.1007/978-3-662-04313-4_28.
148. Byrne, C. and Jones, M. B. (2002) ‘Effects of elevated CO₂ and nitrogen fertiliser on biomass productivity, community structure and species diversity of a semi-natural grassland in Ireland’, in *Biology and Environment*. doi: 10.3318/BIOE.2002.102.3.141.
149. Camarero, J. J. and Gutiérrez, E. (2004) ‘Pace and pattern of recent treeline dynamics: Response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees’, *Climatic Change*. doi: 10.1023/B:CLIM.0000018507.71343.46.
150. Carter, T. R. and IPCC TGICA (2007) *General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Version 2*.
151. Catalan, J. *et al.* (2002) ‘Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century’, *Journal of Paleolimnology*. doi: 10.1023/A:1020380104031.
152. Chang, H. *et al.* (2002) ‘Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria’, *GeoJournal*. doi: 10.1023/B:GEJO.0000003611.11187.5c.
153. Christensen, J. H. and Christensen, O. B. (2003) ‘Severe summertime flooding in Europe’, *Nature*. doi: 10.1038/421805a.
154. Cooper, J. A. G. and Pilkey, O. H. (2004) ‘Sea-level rise and shoreline retreat: Time to abandon the Bruun Rule’, *Global and Planetary Change*. doi: 10.1016/j.gloplacha.2004.07.001.
155. Cotton, W. R. and Pielke, R. A. (1995) ‘Human impacts on weather and climate’, *Human impacts on weather and climate*. doi: 10.4267/2042/70601.
156. Cubasch, U., G.A. Meehl, G.J. Boer, R.J. Stouffer, M. Dix, A. Noda, C. A. S. and Yap, S. R. and K. S. (2001) *Projections of future climate change. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the*

Intergovernmental Panel on Climate Change.

157. Daufresne, M. *et al.* (2004) 'Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: Effects of climatic factors', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1529-8817.2003.00720.x.
158. Declerck, S. *et al.* (2005) 'Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover', *Ecology*. doi: 10.1890/04-0373.
159. Delitti, W. *et al.* (2005) 'Effects of fire recurrence in *Quercus coccifera* L. shrublands of the Valencia Region (Spain): I. plant composition and productivity', *Plant Ecology*. doi: 10.1007/s11258-005-2140-z.
160. Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R. and Pielke Jr., R. (2008) *Climate predictions: a limit to adaptation? Living with climate change: are there limits to adaptation.*
161. Dessai, S., Lu, X. and Risbey, J. S. (2005) 'On the role of climate scenarios for adaptation planning', *Global Environmental Change*. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2004.12.004.
162. Devoy, R. J. N. (2008) 'Coastal vulnerability and the implications of sea-level rise for Ireland', in *Journal of Coastal Research*. doi: 10.2112/07A-0007.1.
163. Dirnböck, T., Dullinger, S. and Grabherr, G. (2003) 'A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation', *Journal of Biogeography*. doi: 10.1046/j.1365-2699.2003.00839.x.
164. Döll, P. (2002) 'Impact of climate change and variability on irrigation requirements: A global perspective', *Climatic Change*. doi: 10.1023/A:1016124032231.
165. Dorrepaal, E. *et al.* (2004) 'Summer warming and increased winter snow cover affect *Sphagnum fuscum* growth, structure and production in a sub-arctic bog', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2003.00718.x.
166. Duckworth, J. C., Bunce, R. G. H. and Malloch, A. J. C. (2000) 'Modelling the potential effects of climate change on calcareous grasslands in Atlantic Europe', *Journal of Biogeography*. doi: 10.1046/j.1365-2699.2000.00400.x.
167. Dullinger, S., Dirnböck, T. and Grabherr, G. (2004) 'Modelling climate change-driven treeline shifts: Relative effects of temperature increase, dispersal and invasibility', *Journal of Ecology*. doi: 10.1111/j.0022-0477.2004.00872.x.
168. Eckhardt, K. and Ulbrich, U. (2003) 'Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range', *Journal of Hydrology*. doi: 10.1016/j.jhydrol.2003.08.005.

169. Egli, M. *et al.* (2004) 'Experimental determination of climate-change effects on above-ground and below-ground organic matter in alpine grasslands by translocation of soil cores', *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. doi: 10.1002/jpln.200321333.
170. Eisenreich, S. J. (2005) *Climate change and the European Water Dimension. Report to the European Water Directors*.
171. Eitzinger, J. *et al.* (2003) 'A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios', *Agricultural Water Management*. doi: 10.1016/S0378-3774(03)00024-6.
172. Eken, G. *et al.* (2004) 'Key biodiversity areas as site conservation targets', *BioScience*. doi: 10.1641/0006-3568(2004)054[1110:KBAASC]2.0.CO;2.
173. Emmett, B. A. *et al.* (2004) 'The response of soil processes to climate change: Results from manipulation studies of shrublands across an environmental gradient', *Ecosystems*. doi: 10.1007/s10021-004-0220-x.
174. Environmental, E. (European (2002) *Environmental Signals 2002. Benchmarking the Millennium. Environmental Assessment Report No. 9*.
175. Environmental, E. (European (2004a) *Environmental signals 2004. A European Environment Agency Update on Selected Issues*.
176. Environmental, E. (European (2004b) *Impacts of Europe's Changing Climate: An Indicator-Based Assessment*.
177. Environmental, E. (European (2006a) *Energy and Environment in the European Union. Tracking Progress towards Integration*.
178. Environmental, E. (European (2006b) *How much Bioenergy can Europe Produce without Harming the Environment*.
179. Etchevers, P. *et al.* (2002) 'Impact of a climate change on the Rhone river catchment hydrology', *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. doi: 10.1029/2001JD000490.
180. European Commission (Office for Official Publications of the European Communities) (1996) *Nature Conservation Unit. Natura2000*.
181. Evans, C. D. and Monteith, D. T. (2001) 'Chemical trends at lakes and streams in the UK acid waters monitoring network, 1988-2000: Evidence for recent recovery at a national scale', *Hydrology and Earth System Sciences*. doi: 10.5194/hess-5-351-2001.
182. FAOSTAT (no date). Available at: <http://faostat.fao.org/faostat>.
183. Flather, R. and Williams, J. (2000) 'Climate change effects on storm surges:

methodologies and results’, *ECLAT-2 Workshop*.

184. Flörke, M. and Alcamo, J. (2005) *European Outlook on Water Use*.
185. Frich, P. *et al.* (2002) ‘Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century’, *Climate Research*. doi: 10.3354/cr019193.
186. Geraci, J. R. and Lounsbury, V. J. (2002) ‘Marine Mammal Health: Holding the Balance in an Ever-changing Sea’, in *Marine Mammals*. doi: 10.1007/978-1-4615-0529-7_10.
187. Gielen, B. *et al.* (2005) ‘Grassland species will not necessarily benefit from future elevated air temperatures: A chlorophyll fluorescence approach to study autumn physiology’, *Physiologia Plantarum*. doi: 10.1111/j.1399-3054.2005.00539.x.
188. Giorgi, F., Bi, X. and Pal, J. (2004) ‘Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: Climate change scenarios (2071-2100)’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-004-0467-0.
189. Goldammer, J. G., Sukhinin, A. I. and Csiszar, I. (2005) ‘The current fire situation in the Russian Federation: implications for enhancing international and regional cooperation in the UN framework and the global programs on fire monitoring and assessment’, *International Forest Fire News*.
190. Good, P. *et al.* (2006) ‘Non-linear regional relationships between climate extremes and annual mean temperatures in model projections for 1961-2099 over Europe’, *Climate Research*. doi: 10.3354/cr031019.
191. Gordon, C. *et al.* (2000) ‘The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s003820050010.
192. Gorissen, A. *et al.* (2004) ‘Climate change affects carbon allocation to the soil in shrublands’, *Ecosystems*. doi: 10.1007/s10021-004-0218-4.
193. Gottfried, M. *et al.* (2019) ‘Potential effects of climate change on alpine and nival plants in the alps’, in *Mountain Biodiversity: A Global Assessment*. doi: 10.4324/9780429342585-17.
194. Grace, J., Berninger, F. and Nagy, L. (2002) ‘Impacts of climate change on the tree line’, *Annals of Botany*. doi: 10.1093/aob/mcf222.
195. Gregory, J. M. *et al.* (2001) ‘Comparison of results from several AOGCMs for global and regional sea-level change 1900-2100’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s003820100180.
196. Grime, J. P. *et al.* (2000) ‘The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change’, *Science*. doi: 10.1126/science.289.5480.762.

197. Guedes Soares, C. *et al.* (2002) 'A 40 years hindcast of wind, sea level and waves in European waters', in *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE*. doi: 10.1115/OMAE2002-28604.
198. Guisan, Antoine and Theurillat, J.-P. (2000) 'Assessing alpine plant vulnerability to climate change: a modeling perspective', *Integrated Assessment*. doi: 10.1023/A:1018912114948.
199. Guisan, A and Theurillat, J.-P. (2000) 'Equilibrium modeling of alpine plant distribution and climate change: how far can we go?', *Phytocoenologia*.
200. Hänninen, H. (2006) 'Climate warming and the risk of frost damage to boreal forest trees: Identification of critical ecophysiological traits', *Tree Physiology*. doi: 10.1093/treephys/26.7.889.
201. Hantel, M., Ehrendorfer, M. and Haslinger, A. (2000) 'Climate sensitivity of snow cover duration in Austria', *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(200005)20:6<615::AID-JOC489>3.0.CO;2-0.
202. Harrison, P. A. *et al.* (2006) 'Modelling climate change impacts on species' distributions at the European scale: Implications for conservation policy', *Environmental Science and Policy*. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.003.
203. Herk, C. M. V., Aptroot, A. and Dobben, H. F. V. (2002) 'Long-Term Monitoring in the Netherlands Suggests that Lichens Respond to Global Warming', *Lichenologist*. doi: 10.1006/lich.2002.0378.
204. Hickling, R. *et al.* (2005) 'A northward shift of range margins in British Odonata', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.00904.x.
205. Hickling, R. *et al.* (2006) 'The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01116.x.
206. Hitz, S. and Smith, J. (2004) 'Estimating global impacts from climate change', *Global Environmental Change*. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2004.04.010.
207. Hlásny, T. *et al.* (2021) 'Fine-scale variation in projected climate change presents opportunities for biodiversity conservation in Europe', *Scientific Reports*. doi: 10.1038/s41598-021-96717-6.
208. Hock, R., Jansson, P. and Braun, L. N. (2005) 'Modelling the Response of Mountain Glacier Discharge to Climate Warming', in. doi: 10.1007/1-4020-3508-x_25.
209. Holden, N. M. and Brereton, A. J. (2003) 'Potential impacts of climate change on maize

production and the introduction of soybean in Ireland’, *Irish Journal of Agricultural and Food Research*.

210. Hughes, L. (2000) ‘Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent?’, *Trends in Ecology and Evolution*. doi: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.

211. Hulme, M., G. Jenkins, X. Lu, J.R. Turnpenny, T.D. Mitchell, R.G. Jones, J. L. and J.M. Murphy, D. Hassell, P. Boorman, R. M. and S. H. (2002) *Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report*.

212. Hurrell, J. W. *et al.* (2003) ‘An Overview of the North Atlantic Oscillation. In J.W. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen, and M. Visbeck, (eds.) *The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact*’, *Geophysical Monograph Series*.

213. Hurrell, J. W. *et al.* (2004) ‘Twentieth century north atlantic climate change. Part I: Assessing determinism’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-004-0432-y.

214. IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000) *Emissions scenarios: A Special Report of IPCC Working Group III Published, International Panel on Climate Change*.

215. IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001) *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

216. IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change) and J.T. Houghton, B. A. C. and S. K. V. (1992) *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*.

217. Janssens, I. A. *et al.* (2003) ‘Europe’s terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO₂ emissions’, *Science*. doi: 10.1126/science.1083592.

218. Jarvis, P. and Linder, S. (2000) ‘Constraints to growth of boreal forests’, *Nature*. doi: 10.1038/35016154.

219. Jeppesen, E., Søndergaard, M. and Jensen, J. P. (2003) ‘Climatic warming and regime shifts in lake food webs - Some comments’, *Limnology and Oceanography*. doi: 10.4319/lo.2003.48.3.1346.

220. Jones, P. D. and Moberg, A. (2003) ‘Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001’, *Journal of Climate*. doi: 10.1175/1520-0442(2003)016<0206:HALSSA>2.0.CO;2.

221. Jönsson, A. M. *et al.* (2004) ‘Climate change and the effect of temperature backlashes causing frost damage in *Picea abies*’, *Global and Planetary Change*. doi:

10.1016/j.gloplacha.2004.06.012.

222. Kankaanpää, S. and Carter, T. R. (2004) *An overview of forest policies affecting land use in Europe, The Finnish Environment* 706.
223. Kaste, Rankinen, K. and Lepistö, A. (2004) 'Modelling impacts of climate and deposition changes on nitrogen fluxes in northern catchments of Norway and Finland', *Hydrology and Earth System Sciences*. doi: 10.5194/hess-8-778-2004.
224. Kjellström, E. (2004) 'Recent and future signatures of climate change in Europe', *Ambio*. doi: 10.1579/0044-7447-33.4.193.
225. Kjellström, E. *et al.* (2007) 'Modelling daily temperature extremes: Recent climate and future changes over Europe', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-9220-5.
226. Klein Tank, A. M. G. *et al.* (2002) 'Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment', *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.773.
227. Klein Tank, A. M. G. and Können, G. P. (2003) 'Trends in Indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99', *Journal of Climate*. doi: 10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIIDOT>2.0.CO;2.
228. Knippertz, P., Ulbrich, U. and Speth, P. (2000) 'Changing cyclones and surface wind speeds over the North Atlantic and Europe in a transient GHG experiment', *Climate Research*. doi: 10.3354/cr015109.
229. Koca, D., Smith, B. and Sykes, M. T. (2006) 'Modelling regional climate change effects on potential natural ecosystems in Sweden', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-005-9030-1.
230. Körner, C. (2021) *Alpine Plant Life, Alpine Plant Life*. doi: 10.1007/978-3-030-59538-8.
231. Körner, C., Sarris, D. and Christodoulakis, D. (2005) 'Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean as evidenced for the island of Samos', *Regional Environmental Change*. doi: 10.1007/s10113-004-0091-x.
232. Kostianen, K. *et al.* (2006) 'Wood properties of two silver birch clones exposed to elevated CO₂ and O₃', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01165.x.
233. Krüger, A., Ulbrich, U. and Speth, P. (2001) 'Groundwater recharge in Northrhine-Westfalia predicted by a statistical model for greenhouse gas scenarios', *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*. doi: 10.1016/S1464-1909(01)00097-1.

234. Kullman, L. (2002) 'Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes', *Journal of Ecology*. doi: 10.1046/j.0022-0477.2001.00630.x.
235. Lake, P. S. (2000) 'Disturbance, patchiness, and diversity in streams', *Journal of the North American Benthological Society*. doi: 10.2307/1468118.
236. Lallana, C., W. Kriner, R. Estrela, S. Nixon, J. L. (2001) *Sustainable Water Use in Europe, Part 2: Demand Management. Environmental Issues Report No. 19*.
237. Lapenis, A. *et al.* (2005) 'Acclimation of Russian forests to recent changes in climate', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.001069.x.
238. Lasch, P. *et al.* (2002) 'Regional impact assessment on forest structure and functions under climate change - The Brandenburg case study', *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/S0378-1127(02)00051-8.
239. Learmonth, J. A. *et al.* (2006) 'Potential effects of climate change on marine mammals', *Oceanography and Marine Biology*. doi: 10.1201/9781420006391.ch8.
240. Leckebusch, G. C. and Ulbrich, U. (2004) 'On the relationship between cyclones and extreme windstorm events over Europe under climate change', *Global and Planetary Change*. doi: 10.1016/j.gloplacha.2004.06.011.
241. Lehner, B. *et al.* (2006) 'Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: A continental, integrated analysis', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-6338-4.
242. Lenderink, G. *et al.* (2007) 'Summertime inter-annual temperature variability in an ensemble of regional model simulations: Analysis of the surface energy budget', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-9229-9.
243. Levermann, A. *et al.* (2005) 'Dynamic sea level changes following changes in the thermohaline circulation', *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-004-0505-y.
244. Lexer, M. J. *et al.* (2002) 'The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: A large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data', *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/S0378-1127(02)00050-6.
245. Liang, X. *et al.* (2018) 'International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2018.06.021.
246. Linkosalo, T. *et al.* (2000) 'Predicting spring phenology and frost damage risk of *Betula* spp. under climatic warming: A comparison of two models', *Tree Physiology*. doi:

10.1093/treephys/20.17.1175.

247. Lionello, P., Nizzero, A. and Elvini, E. (2003) 'A procedure for estimating wind waves and storm-surge climate scenarios in a regional basin: The Adriatic Sea case', *Climate Research*. doi: 10.3354/cr023217.
248. Livingstone, D. M., Lotter, A. F. and Kettle, H. (2005) 'Altitude-dependent differences in the primary physical response of mountain lakes to climatic forcing', *Limnology and Oceanography*. doi: 10.4319/lo.2005.50.4.1313.
249. Llorens, L. and Peñuelas, J. (2005) 'Experimental evidence of future drier and warmer conditions affecting flowering of two co-occurring mediterranean shrubs', *International Journal of Plant Sciences*. doi: 10.1086/427480.
250. Lloret, F., Penuelas, J. and Estiarte, M. (2004) 'Experimental evidence of reduced diversity of seedlings due to climate modification in a Mediterranean-type community', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2004.00725.x.
251. Lloret, F., Peñuelas, J. and Estiarte, M. (2005) 'Effects of vegetation canopy and climate on seedling establishment in Mediterranean shrubland', *Journal of Vegetation Science*. doi: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02339.x.
252. Lozano, I. *et al.* (2004) 'Storminess and vulnerability along the Atlantic coastlines of Europe: Analysis of storm records and of a greenhouse gases induced climate scenario', *Marine Geology*. doi: 10.1016/j.margeo.2004.05.026.
253. Ludwig, W. *et al.* (2004) 'Evaluating the impact of the recent temperature increase on the hydrology of the Têt River (Southern France)', *Journal of Hydrology*. doi: 10.1016/j.jhydrol.2003.11.022.
254. De Luis, M., González-Hidalgo, J. C. and Raventós, J. (2003) 'Effects of fire and torrential rainfall on erosion in a Mediterranean gorse community', *Land Degradation and Development*. doi: 10.1002/ldr.547.
255. Lüscher, A. *et al.* (2004) 'Fertile temperate grassland under elevated atmospheric CO₂ - Role of feed-back mechanisms and availability of growth resources', *European Journal of Agronomy*. doi: 10.1016/j.eja.2003.10.009.
256. Maestre, F. T. and Cortina, J. (2004a) 'Are Pinus halepensis plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas?', *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/j.foreco.2004.05.040.
257. Maestre, F. T. and Cortina, J. (2004b) 'Do positive interactions increase with abiotic

stress? A test from a semi-arid steppe’, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. doi: 10.1098/rsbl.2004.0181.

258. Maracchi, G., Sirotenko, O. and Bindi, M. (2005) ‘Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe’, in *Increasing Climate Variability and Change: Reducing the Vulnerability of Agriculture and Forestry*. doi: 10.1007/1-4020-4166-7_6.

259. Martin, E. *et al.* (2001) ‘Impact of a climate change on avalanche hazard’, *Annals of Glaciology*. doi: 10.3189/172756401781819292.

260. Martin, E. and Etchevers, P. (2005) ‘Impact of Climatic Changes on Snow Cover and Snow Hydrology in the French Alps’, in. doi: 10.1007/1-4020-3508-x_24.

261. Martínez-Vilalta, J. and Piñol, J. (2002) ‘Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine populations of the NE Iberian Peninsula’, *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00495-9.

262. Mckee, D. *et al.* (2002) ‘Effects of simulated climate warming on macrophytes in freshwater microcosm communities’, *Aquatic Botany*. doi: 10.1016/S0304-3770(02)00048-7.

263. Meehl, G.A., T. F. Stocker, W. Collins, P. Friedlingstein, A. Gaye, J. Gregory, A., Kitoh, R. Knutti, J. Murphy, A. Noda, S. Raper, I. Watterson, A. W. and Z. and Zhao (2007) *Global climate projections. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

264. Meier, H. E. M., Broman, B. and Kjellström, E. (2004) ‘Simulated sea level in past and future climates of the Baltic Sea’, *Climate Research*. doi: 10.3354/cr027059.

265. Menzel, A. *et al.* (2006) ‘Altered geographic and temporal variability in phenology in response to climate change’, *Global Ecology and Biogeography*. doi: 10.1111/j.1466-822X.2006.00247.x.

266. Menzel, Annette *et al.* (2006) ‘European phenological response to climate change matches the warming pattern’, *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.

267. Menzel, L. and Bürger, G. (2002) ‘Climate change scenarios and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany)’, *Journal of Hydrology*. doi: 10.1016/S0022-1694(02)00139-7.

268. Middelkoop, H. and Kwadijk, J. C. J. (2001) ‘Towards integrated assessment of the implications of global change for water management - The Rhine experience’, *Physics and*

Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere. doi: 10.1016/S1464-1909(01)00049-1.

269. Morecroft, M. D. *et al.* (2004) 'Changing precipitation patterns alter plant community dynamics and succession in an ex-arable grassland', *Functional Ecology*. doi: 10.1111/j.0269-8463.2004.00896.x.

270. Moreira, F., Rego, F. C. and Ferreira, P. G. (2001) 'Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: Implications for fire occurrence', *Landscape Ecology*. doi: 10.1023/A:1013130528470.

271. Moriondo, M. *et al.* (2006) 'Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area', *Climate Research*. doi: 10.3354/cr031085.

272. Moss, B. *et al.* (2003) 'How important is climate? Effects of warming, nutrient addition and fish on phytoplankton in shallow lake microcosms', *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1046/j.1365-2664.2003.00839.x.

273. Mouillot, F. *et al.* (2003) 'Some determinants of the spatio-temporal fire cycle in a mediterranean landscape (Corsica, France)', *Landscape Ecology*. doi: 10.1023/B:LAND.0000004182.22525.a9.

274. Mouillot, F. *et al.* (2005) 'Long-term forest dynamic after land abandonment in a fire prone Mediterranean landscape (central Corsica, France)', *Landscape Ecology*. doi: 10.1007/s10980-004-1297-5.

275. Mouillot, F., Rambal, S. and Joffre, R. (2002) 'Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x.

276. Nicholls, R. J. (2004) 'Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: Changes under the SRES climate and socio-economic scenarios', *Global Environmental Change*. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2003.10.007.

277. Nicholls, R. J. and De La Vega-Leinert, A. C. (2008) 'Implications of sea-level rise for Europe's coasts: An introduction', in *Journal of Coastal Research*. doi: 10.2112/07A-0002.1.

278. Niinistö, S. M., Silvola, J. and Kellomäki, S. (2004) 'Soil CO₂ efflux in a boreal pine forest under atmospheric CO₂ enrichment and air warming', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2004.00799.x.

279. Nilsson, C. *et al.* (2004) 'Recorded storm damage in Swedish forests 1901-2000', *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/j.foreco.2004.07.031.

280. Norrant, C. and Douguédroit, A. (2006) 'Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000)', *Theoretical and Applied Climatology*. doi: 10.1007/s00704-005-0163-y.
281. Nunes, M. C. S. *et al.* (2005) 'Land Cover Type and Fire in Portugal: Do Fires Burn Land Cover Selectively?', *Landscape Ecology*. doi: 10.1007/s10980-005-0070-8.
282. Oerlemans, J. (1992) 'Climate sensitivity of glaciers in southern Norway: application of an energy-balance model to Nigardsbreen, Hellstugubreen and Alftobreen', *Journal of Glaciology*. doi: 10.1017/S0022143000003634.
283. Oliver, T. H. *et al.* (2016) 'Are existing biodiversity conservation strategies appropriate in a changing climate?', *Biological Conservation*. doi: 10.1016/j.biocon.2015.10.024.
284. Oltchev, A. *et al.* (2002) 'The response of the water fluxes of the boreal forest region at the Volga's source area to climatic and land-use changes', *Physics and Chemistry of the Earth*. doi: 10.1016/S1474-7065(02)00052-9.
285. Palmer, T. N. and Räisänen, J. (2002) 'Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate', *Nature*. doi: 10.1038/415512a.
286. Parmesan, C. and Yohe, G. (2003) 'A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems', *Nature*. doi: 10.1038/nature01286.
287. Paul, F. *et al.* (2004) 'Rapid disintegration of Alpine glaciers observed with satellite data', *Geophysical Research Letters*. doi: 10.1029/2004GL020816.
288. Pausas, J. G. (2004) 'Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin)', *Climatic Change*. doi: 10.1023/B:CLIM.0000018508.94901.9c.
289. Pearce-Higgins, J. W. *et al.* (2017) 'A national-scale assessment of climate change impacts on species: Assessing the balance of risks and opportunities for multiple taxa', *Biological Conservation*. doi: 10.1016/j.biocon.2017.06.035.
290. Pedersen, M. L., Friberg, N. and Larsen, S. E. (2004) 'Physical habitat structure in Danish lowland streams', *River Research and Applications*. doi: 10.1002/rra.770.
291. Peñuelas, J. *et al.* (2004) 'Nonintrusive field experiments show different plant responses to warming and drought among sites, seasons, and species in a north-south European gradient', *Ecosystems*. doi: 10.1007/s10021-004-0179-7.
292. Penuelas, J. and Boada, M. (2003) 'A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00566.x.
293. Pereira, M. G. *et al.* (2005) 'Synoptic patterns associated with large summer forest fires

in Portugal’, *Agricultural and Forest Meteorology*. doi: 10.1016/j.agrformet.2004.12.007.

294. Polemio, M. and Casarano, D. (2004) ‘Rainfall and drought in southern Italy (1821-2001)’, in *IAHS-AISH Publication*.
295. Price, D.T. and Flannigan, M. D. (2000) *Modelling impacts of climate change on forests and forestry using climate scenarios. Climate scenarios for agricultural and ecosystem impacts. Proceedings of the EU Concerted Action Initiative ECLAT-2 Workshop 2*.
296. Pryor, S. C., Barthelmie, R. J. and Kjellström, E. (2005) ‘Potential climate change impact on wind energy resources in northern Europe: Analyses using a regional climate model’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-005-0072-x.
297. Quintana, J. R. *et al.* (2004) ‘Time of germination and establishment success after fire of three obligate seeders in a Mediterranean shrubland of central Spain’, *Journal of Biogeography*. doi: 10.1111/j.1365-2699.2004.00955.x.
298. Räisänen, J. *et al.* (2004) ‘European climate in the late twenty-first century: Regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios’, *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-003-0365-x.
299. Read, P. and Fernandes, T. (2003) ‘Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe’, in *Aquaculture*. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00474-5.
300. Rehfisch, M. M. and Crick, H. Q. P. (2003) ‘Predicting the impact of climatic change on Arctic-breeding waders’, *Bulletin-Wader Study Group*.
301. Robinson, L. A. and Frid, C. L. J. (2003) ‘Dynamic ecosystem models and the evaluation of ecosystem effects of fishing: Can we make meaningful predictions?’, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. doi: 10.1002/aqc.506.
302. Rockel, B. and Woth, K. (2007) ‘Extremes of near-surface wind speed over Europe and their future changes as estimated from an ensemble of RCM simulations’, *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-9227-y.
303. De Roo, A. *et al.* (2003) ‘The influence of historic land use changes and future planned land use scenarios on floods in the Oder catchment’, *Physics and Chemistry of the Earth*. doi: 10.1016/j.pce.2003.09.005.
304. Root, T. L. *et al.* (2003) ‘Fingerprints of global warming on wild animals and plants’, *Nature*. doi: 10.1038/nature01333.
305. Rounsevell, M. D. A. *et al.* (2006) ‘A coherent set of future land use change scenarios for Europe’, in *Agriculture, Ecosystems and Environment*. doi: 10.1016/j.agee.2005.11.027.

306. Rustad, L. E. *et al.* (2001) 'A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming', *Oecologia*. doi: 10.1007/s004420000544.
307. Sabatini, F. M. *et al.* (2018) 'Where are Europe's last primary forests?', *Diversity and Distributions*. doi: 10.1111/ddi.12778.
308. Salvador, R. *et al.* (2005) 'Does fire occurrence modify the probability of being burned again? A null hypothesis test from Mediterranean ecosystems in NE Spain', *Ecological Modelling*. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2004.12.017.
309. Sánchez-Carrillo, S. and Álvarez-Cobelas, M. (2001) 'Nutrient dynamics and eutrophication patterns in a semi-arid wetland: The effects of fluctuating hydrology', *Water, Air, and Soil Pollution*. doi: 10.1023/A:1011903300635.
310. Santoso, H., Idinoba, M. and Imbach, P. (2008) *Climate Scenarios: What we need to know and how to generate them*.
311. Sardans, J. and Peñuelas, J. (2004) 'Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest', *Plant and Soil*. doi: 10.1007/s11104-005-0172-8.
312. Sardans, J. and Peñuelas, J. (2005) 'Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest', *Soil Biology and Biochemistry*. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.08.004.
313. Schaphoff, S. *et al.* (2006) 'Terrestrial biosphere carbon storage under alternative climate projections', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-005-9002-5.
314. Schär, C. and Jendritzky, G. (2004) 'Hot news from summer 2003', *Nature*. doi: 10.1038/432559a.
315. Schmidt, I. K. *et al.* (2004) 'Soil solution chemistry and element fluxes in three European heathlands and their responses to warming and drought', *Ecosystems*. doi: 10.1007/s0021-004-0217-5.
316. Schneeberger, C. *et al.* (2003) 'Modelling changes in the mass balance of glaciers of the northern hemisphere for a transient 2 X CO₂ scenario', *Journal of Hydrology*. doi: 10.1016/S0022-1694(03)00260-9.
317. Schröter, D. *et al.* (2005) 'Ecology: Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe', *Science*. doi: 10.1126/science.1115233.
318. Schumacher, S. and Bugmann, H. (2006) 'The relative importance of climatic effects,

wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps', *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01188.x.

319. SEEG (Scottish Executive Environment Group) (2006) *Harmful Algal Bloom Communities in Scottish Coastal Waters: Relationships to Fish Farming and Regional Comparisons - A Review*.

320. SEI (2008) *Effective use of climate science to improve adaptation in Africa*.

321. SEPA (Swedish Environmental Protection Agency) (2005) *Change Beneath the Surface, Monitor 19: An In-depth Look at Sweden's Marine Environment*.

322. Shabalova, M. V. and Können, G. P. (1995) 'Climate change scenarios: Comparisons of paleoreconstructions with recent temperature changes', *Climatic Change*. doi: 10.1007/BF01092426.

323. Shaver, G. R. *et al.* (2000) 'Global warming and terrestrial ecosystems: A conceptual framework for analysis', *BioScience*. doi: 10.1641/0006-3568(2000)050[0871:GWATEA]2.0.CO;2.

324. Shiyatov, S. G., Terent'ev, M. M. and Fomin, V. V. (2005) 'Spatiotemporal dynamics of forest-tundra communities in the Polar Urals', *Russian Journal of Ecology*. doi: 10.1007/s11184-005-0051-9.

325. Somlyódy, L. (2000) 'A hazai vízgazdálkodás és stratégiai pillérei', *Vizügyi Kozlmények*.

326. Sowerby, A. *et al.* (2005) 'Microbial community changes in heathland soil communities along a geographical gradient: Interaction with climate change manipulations', *Soil Biology and Biochemistry*. doi: 10.1016/j.soilbio.2005.02.023.

327. Stone, G. W. and Orford, J. D. (2004) 'Storms and their significance in coastal morpho-sedimentary dynamics', *Marine Geology*. doi: 10.1016/j.margeo.2004.05.003.

328. Straile, D. *et al.* (2003) 'The response of freshwater ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic oscillation', in *Geophysical Monograph Series*. doi: 10.1029/134GM12.

329. Strömgren, M. and Linder, S. (2002) 'Effects of nutrition and soil warming on stemwood production in a boreal Norway spruce stand', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1365-2486.2002.00546.x.

330. Thomas, C. D. *et al.* (2001) 'Ecological and evolutionary processes at expanding range margins', *Nature*. doi: 10.1038/35079066.

331. Thonicke, K. and Cramer, W. (2006) 'Long-term trends in vegetation dynamics and forest fires in Brandenburg (Germany) under a changing climate', *Natural Hazards*. doi:

10.1007/s11069-005-8639-8.

332. Thuiller, W. *et al.* (2005) 'Climate change threats to plant diversity in Europe', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi: 10.1073/pnas.0409902102.

333. Tomozeiu, R., Stefan, S. and Busuioc, A. (2005) 'Winter precipitation variability and large-scale circulation patterns in Romania', *Theoretical and Applied Climatology*. doi: 10.1007/s00704-004-0082-3.

334. Tsimplis, M. N. *et al.* (2004) 'On the forcing of sea level in the Black Sea', *Journal of Geophysical Research C: Oceans*. doi: 10.1029/2003JC002185.

335. Tsimplis, M. N. *et al.* (2005) 'Towards a vulnerability assessment of the UK and northern European coasts: The role of regional climate variability', *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. doi: 10.1098/rsta.2005.1571.

336. Uk, R. A. W. (2007) 'Climate Models and Their Evaluation', *Evaluation*. doi: 10.1016/j.cub.2007.06.045.

337. Vázquez, A. and Moreno, J. M. (2001) 'Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain)', *Forest Ecology and Management*. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00436-9.

338. Vincent, C. (2002) 'Influence of climate change over the 20th Century on four French glacier mass balances', *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. doi: 10.1029/2001JD000832.

339. Viner, D. (2006) 'Editorial: Tourism and its interactions with climate change', *Journal of Sustainable Tourism*. doi: 10.1080/09669580608669064.

340. Walther, G.-R., Beißner, S. and Burga, C. A. (2005) 'Trends in the upward shift of alpine plants', *Journal of Vegetation Science*. doi: 10.1658/1100-9233(2005)16[541:tituso]2.0.co;2.

341. Walther, G. R. *et al.* (2002) 'Ecological responses to recent climate change', *Nature*. doi: 10.1038/416389a.

342. Walther, G. R. (2003) 'Plants in a warmer world', *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. doi: 10.1078/1433-8319-00076.

343. Warren, M. S. *et al.* (2001) 'Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change', *Nature*. doi: 10.1038/35102054.

344. Warrick, R. A. (1984) 'The possible impacts on wheat production of a recurrence of the

- 1930s drought in the U.S. Great Plains', *Climatic Change*. doi: 10.1007/BF00141665.
345. WBGU (2003) *Climate Protection Strategies for the 21st Century. Kyoto and Beyond*.
346. Weltzin, J. F. *et al.* (2003) 'Potential effects of warming and drying on peatland plant community composition', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00571.x.
347. Werkman, B. R. and Callaghan, T. V. (2002) 'Responses of bracken and heather to increased temperature and nitrogen addition, alone and in competition', *Basic and Applied Ecology*. doi: 10.1078/1439-1791-00103.
348. Werritty, A. (2002) 'Living with uncertainty: Climate change, river flows and water resource management in Scotland', in *Science of the Total Environment*. doi: 10.1016/S0048-9697(02)00050-5.
349. Wessel, W. W. *et al.* (2004) 'A qualitative ecosystem assessment for different shrublands in western Europe under impact of climate change', *Ecosystems*. doi: 10.1007/s10021-004-0219-3.
350. WGE (2004) *Review and Assessment of Air Pollution Effects and their Recorded Trends. Report of the Working Group on Effects of the Convention on Longrange Transboundary Air Pollution*.
351. White, A., Cannell, M. G. R. and Friend, A. D. (2000) 'The high-latitude terrestrial carbon sink: A model analysis', *Global Change Biology*. doi: 10.1046/j.1365-2486.2000.00302.x.
352. Wielke, L. M., Haimberger, L. and Hantel, M. (2004) 'Snow cover duration in Switzerland compared to Austria', *Meteorologische Zeitschrift*. doi: 10.1127/0941-2948/2004/0013-0013.
353. Wilby, R. L. and Harris, I. (2006) 'A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: Low-flow scenarios for the River Thames, UK', *Water Resources Research*. doi: 10.1029/2005WR004065.
354. Williams, W. D. (2001) 'Anthropogenic salinisation of inland waters', *Hydrobiologia*. doi: 10.1023/A:1014598509028.
355. Winkler, J. B. and Herbst, M. (2004) 'Do plants of a semi-natural grassland community benefit from long-term CO₂ enrichment?', *Basic and Applied Ecology*. doi: 10.1078/1439-1791-00219.
356. Woolf, D. K., Challenor, P. G. and Cotton, P. D. (2002) 'Variability and predictability of the North Atlantic wave climate', *Journal of Geophysical Research: Oceans*. doi: 10.1029/2001jc001124.
357. Worrall, F., Burt, T. P. and Adamson, J. K. (2006) 'Trends in drought frequency - The

- fate of DOC export from British peatlands', *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-006-9069-7.
358. Yan, Z., Tsimplis, M. N. and Woolf, D. (2004) 'Analysis of the relationship between the North Atlantic oscillation and sea-level changes in northwest Europe', *International Journal of Climatology*. doi: 10.1002/joc.1035.
359. Yeung, A. K. W. and Hall, G. B. (2007) *Spatial database systems: Design, implementation and project management*. Springer Science & Business Media.
360. Zheng, D. *et al.* (2002) 'Production of *Picea abies* in south-east Norway in response to climate change: A case study using process-based model simulation with field validation', *Scandinavian Journal of Forest Research*. doi: 10.1080/028275802317221064.
361. Zierl, B. and Bugmann, H. (2005) 'Global change impacts on hydrological processes in Alpine catchments', *Water Resources Research*. doi: 10.1029/2004WR003447.
362. Belle, E. M. . *et al.* (2016) *Climate Change Impacts on Biodiversity and Protected Areas in West Africa*. Cambridge: UNEP-WCMC.
363. Bouwma, I. M. *et al.* (2012) *Draft Guidelines on Climate Change and Natura 2000*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
364. Campbell, A. *et al.* (2009) 'Review of the literature on the links between biodiversity and climate change: Impacts, adaptation and mitigation', *CBD Technical Series*, 42(January), pp. 1-142.
365. Cheval, S. *et al.* (2020) 'Identifying climate change hotspots relevant for ecosystems in Romania', *Climate Research*, 80(3), pp. 165-173. doi: 10.3354/CR01603.
366. Ciceu, A. *et al.* (2020) 'Climate change effects on tree growth from Romanian forest monitoring Level II plots', *Science of the Total Environment*, 698, p. 134129. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134129.
367. EEA-European Environment Agency (2018) *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe, 2018*, European Environment Agency. doi: 10.2800/348489.
368. Elith, J. *et al.* (2006) 'Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data', *Ecography*, 29(2), pp. 129-151. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.
369. European Commission: Directorate-General for Environment (2013) *Guidelines on climate change and Natura 2000: dealing with the impact of climate change, on the management of the Natura 2000 network of areas of high biodiversity value*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: doi/10.2779/29715.

370. Feenstra, J. F. *et al.* (1998) *Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies*. Edited by J. F. Feenstra *et al.* UNEP.
371. Foden, W. B. *et al.* (2013) 'Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals', *PLoS ONE*, 8(6). doi: 10.1371/journal.pone.0065427.
372. Foden, W. B. *et al.* (2019) 'Climate change vulnerability assessment of species', *WIREs Climate Change*, 10(1), p. e551. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.551>.
373. Foden, W. and Young, B. (2016) *Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change, Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change*. Edited by W. Foden and B. Young. IUCN. doi: 10.2305/iucn.ch.2016.ssc-op.59.en.
374. Fritzsche, K. *et al.* (2014) *The Vulnerability Sourcebook*. Bonn/Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
375. Füssel, H.-M. *et al.* (2012) *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report, EEA Report*. doi: 10.2800/66071.
376. Gherghel, I. *et al.* (2016) 'Ecology and biogeography of the endemic scorpion *Euscorpius carpathicus* (Scorpiones: Euscorpiidae): a multiscale analysis', *Journal of Arachnology*, 44(1), pp. 88-91. doi: 10.1636/P14-22.1.
377. Glick, P., Stein, B. and Edelson, N. (2011) *Scanning the Conservation Horizon, National Wildlife Federation*. Edited by P. Glick, B. Stein, and N. Edelson. Washington, DC, USA: National Wildlife Federation.
378. Gross, J. *et al.* (2016) *Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners, Best Practice Protected Area Guidelines*. IUCN-WCPA. Available at: https://portals.iucn.org/library/node/46685?dm_i=2GI3,11OYX,48BKCG,33NQ0,1.
379. Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. (2002) 'Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene', *Ecological Modelling*, 157(2), pp. 89-100. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00204-1).
380. Guisan, A., Weiss, S. B. and Weiss, A. D. (1999) 'GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution', *Plant Ecology*, 143, pp. 107-122.
381. Guisan, A. and Zimmermann, N. E. (2000) 'Predictive habitat distribution models in ecology', *Ecological Modelling*, 135(2), pp. 147-186. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9).
382. HABIT-CHANGE (2013) *Management handbook: a guideline to adapt protected area*

management to climate change, *HABIT-CHANGE Report*. HABI-CHANGE Report.

383. Hannah, L. (2008) 'Protected areas and climate change', *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134, pp. 201-212. doi: 10.1196/annals.1439.009.
384. Harley, M. *et al.* (2009) 'Biodiversity and climate change in relation to the Natura 2000 network', *Advances in Science and Research*, 3(1), pp. 35-37. doi: 10.5194/asr-3-35-2009.
385. Harley, M. *et al.* (2010) *A methodology for assessing the vulnerability to climate change of habitats in the Natura 2000 network*, *European Topic Center on air and Climate Change*. Available at: <http://air-climate.eionet.europa.eu/>.
386. Hilty, J. *et al.* (2020) 'Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors', *Best Practice Protected Area Guidelines Series*, 30, pp. 1-118.
387. Iojă, C. I. *et al.* (2010) 'The efficacy of Romania's protected areas network in conserving biodiversity', *Biological Conservation*, 143(11), pp. 2468-2476. doi: 10.1016/j.biocon.2010.06.013.
388. IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by C. B. Field *et al.* New York: Cambridge University Press. Available at: [papers2://publication/uid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D](https://www.ipcc.ch/publications_and_materials/publication/uid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D).
389. ISO 14091:2021 (E) (2021) *Adaptation to climate change- Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment*. International Standard.
390. Johnson, K. (2014) *Climate Change Vulnerability Assessment for Natural Resources Management: Toolbox of Methods with Case Studies*. Arlington, Virginia: US Fish and Wildlife Service. Available at: <http://www.fws.gov/home/climatechange/pdf/Guide-to-Vulnerability-Assessment%5CnMethods-Version-2-0.pdf>.
391. de los Ríos, C., Watson, J. E. M. and Butt, N. (2018) 'Persistence of methodological, taxonomical, and geographical bias in assessments of species' vulnerability to climate change: A review', *Global Ecology and Conservation*, 15, p. e00412. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00412.
392. Mânzu, C. *et al.* (2013) 'Current and future potential distribution of glacial relict *Ligularia sibirica* (Asteraceae) in Romania and temporal contribution of Natura 2000 to protect the species in light of global change', *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8(2), pp. 77-87.
393. McGuinn, J. and Hernandez, G. (2013) *Guidance on Integrating Climate Change and*

Biodiversity into Strategic Environmental Assessment. doi: 10.2779/11735.

394. Okániková, Z. *et al.* (2021) *Metodologie pentru identificarea coridoarelor ecologice în țările carpatice folosind carnivorele mari ca specii umbrelă*. Agenția de stat pentru conservarea naturii din Republica Slovacă.
395. Pilotto, F. *et al.* (2020) 'Meta-analysis of multidecadal biodiversity trends in Europe', *Nature Communications*, 11(1). doi: 10.1038/s41467-020-17171-y.
396. Popescu, V. D. *et al.* (2013) 'Moving into protected areas? Setting conservation priorities for Romanian reptiles and amphibians at risk from climate change', *PLoS ONE*, 8(11), pp. 1-14. doi: 10.1371/journal.pone.0079330.
397. Pörtner, H. O. *et al.* (2021) *Biodiversity and climate change, IPBS and IPCC*. doi: 10.5281/zenodo.4782538.IPBES.
398. Rannow, Sven and Neubert, Marco (2014) *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change, Advances in Global Change Research*. Edited by S Rannow and M Neubert. Springer Open. doi: 10.1007/978-94-007-7960-0_2.
399. Root, T. L. *et al.* (2003) 'Fingerprints of global warming on wild animals and plants', *Nature*, 421, pp. 57-60. doi: 10.1038/nature01333.
400. Sârbu, A. *et al.* (2014) 'Potential Impacts of Climate Change on Protected Habitats', in Rannow, S. and Neubert, M. (eds) *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 45-60. doi: 10.1007/978-94-007-7960-0_4.
401. Sârbu, A. *et al.* (2020) 'The potential sensitivity to climate change of selected endangered and important Natura 2000 Habitats and plants from Bucegi Natural Park, Romania', *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1), pp. 456-479. doi: 10.15835/NBHA48111756.
402. Sîrbu, C. *et al.* (2021) 'Invasive alien plant species in Romania of European Union concern', *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(4), pp. 32-44. doi: 10.2478/enviro-2021-0023.
403. Sun, Ying *et al.* (2021) 'Impact of climate change on plant species richness across drylands in China: From past to present and into the future', *Ecological Indicators*, 132, p. 108288. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108288.
404. Thuiller, W. (2004) 'Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change', *Global Change Biology*, 10(12), pp. 2020-2027. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365->

2486.2004.00859.x.

405. Thuiller, W. *et al.* (2005) 'Climate change threats to plant diversity in Europe', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23), pp. 8245-8250. doi: 10.1073/pnas.0409902102.
406. UNEP (2019) 'Ecological connectivity: a bridge to preserving biodiversity', *Frontiers 2018/19 Emerging Issues of Environmental Concern*, pp. 24-37.
407. Ursu, A. *et al.* (2020) 'Romanian Natura 2000 Network: Evaluation of the Threats and Pressures through the Corine Land Cover Dataset', *Remote Sensing*, 12(2075), pp. 1-35. doi: 10.3390/rs12132075.
408. Williams, K. J. *et al.* (2014) *Implications of Climate Change for Biodiversity: A community-level modelling approach*. CSIRO Land and Water Flagship, Canberra. doi: ISBN 978-1-4863-0479-0.
409. Bakkenes, M. *et al.* (2002) 'Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050', *Global Change Biology*, 8(4), pp. 390-407. doi: 10.1046/j.1354-1013.2001.00467.x.
410. del Barrio, G. *et al.* (2006) 'Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: Comparison and implications for policy', *Environmental Science and Policy*, 9(2), pp. 129-147. doi: 10.1016/j.envsci.2005.11.005.
411. Belle, E. M. . *et al.* (2016) *Climate Change Impacts on Biodiversity and Protected Areas in West Africa*. Cambridge: UNEP-WCMC.
412. Breiner, F. T. *et al.* (2015) 'Overcoming limitations of modelling rare species by using ensembles of small models', *Methods in Ecology and Evolution*, 6(10), pp. 1210-1218. doi: 10.1111/2041-210X.12403.
413. Busby, J. (1991) 'BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system', *Plant Protection Quarterly*, 6, pp. 8-9.
414. Carpenter, G., Gillison, A. N. and Winter, J. (1993) 'DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals', *Biodiversity & Conservation*, 2(6), pp. 667-680. doi: 10.1007/BF00051966.
415. Comisia Europeană (2020) *Strategia UE privind biodiversitatea pentru 2030*, COM(2020) 380. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
416. EEA-European Environment Agency (2018) *National climate change vulnerability and*

risk assessments in Europe, 2018, European Environment Agency. doi: 10.2800/348489.

417. Elith, J. *et al.* (2006) 'Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data', *Ecography*, 29(2), pp. 129-151. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.
418. Foden, W. B. *et al.* (2013) 'Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals', *PLoS ONE*, 8(6). doi: 10.1371/journal.pone.0065427.
419. Foden, W. B. *et al.* (2019) 'Climate change vulnerability assessment of species', *WIREs Climate Change*, 10(1), p. e551. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.551>.
420. Foden, W. and Young, B. (2016) *Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change, Guidelines for assessing species' vulnerability to climate change*. Edited by W. Foden and B. Young. IUCN. doi: 10.2305/iucn.ch.2016.ssc-op.59.en.
421. Garcia, R. *et al.* (2014) 'Multiple Dimensions of Climate Change and Their Implications for Biodiversity', *Science*, 344(6183), p. 1247579. doi: 10.1126/science.1247579.
422. Gross, J. *et al.* (2016) *Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners, Best Practice Protected Area Guidelines*. IUCN-WCPA. Available at: https://portals.iucn.org/library/node/46685?dm_i=2GI3,11OYX,48BKCG,33NQ0,1.
423. Guisan, A. *et al.* (2013) 'Predicting species distributions for conservation decisions', *Ecology Letters*, 16(12), pp. 1424-1435. doi: 10.1111/ele.12189.
424. Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. (2002) 'Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene', *Ecological Modelling*, 157(2), pp. 89-100. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00204-1).
425. Guisan, A. and Theurillat, J.-P. (2000) 'Assessing alpine plant vulnerability to climate change: a modeling perspective', *Integrated Assessment*. doi: 10.1023/A:1018912114948.
426. Guisan, A., Weiss, S. B. and Weiss, A. D. (1999) 'GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution', *Plant Ecology*, 143, pp. 107-122.
427. Guisan, A. and Zimmermann, N. E. (2000) 'Predictive habitat distribution models in ecology', *Ecological Modelling*, 135(2), pp. 147-186. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9).
428. Hijmans, R. J. *et al.* (2005) 'Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas', *International Journal of Climatology*, 25(15), pp. 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276.

429. Kearney, M. and Porter, W. (2009) 'Mechanistic niche modelling: Combining physiological and spatial data to predict species' ranges', *Ecology Letters*, 12(4), pp. 334-350. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01277.x.
430. Loarie, S. R. *et al.* (2008) 'Climate change and the future of California's endemic flora', *PLoS one*, 3(6), pp. e2502-e2502. doi: 10.1371/journal.pone.0002502.
431. de los Ríos, C., Watson, J. E. M. and Butt, N. (2018) 'Persistence of methodological, taxonomical, and geographical bias in assessments of species' vulnerability to climate change: A review', *Global Ecology and Conservation*, 15, p. e00412. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00412.
432. Maxwell, S. L. *et al.* (2015) 'Integrating human responses to climate change into conservation vulnerability assessments and adaptation planning', *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1355(1), pp. 98-116. doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.12952>.
433. Morin, X. and Thuiller, W. (2009) 'Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change.', *Ecology*, 90 5, pp. 1301-1313.
434. Nunez, S. *et al.* (2019) 'Assessing the impacts of climate change on biodiversity: is below 2°C enough?', *Climatic Change*, 154(3-4), pp. 351-365. doi: 10.1007/s10584-019-02420-x.
435. Ovaskainen, O. and Soininen, J. (2011) 'Making more out of sparse data: Hierarchical modeling of species communities', *Ecology*, 92(2), pp. 289-295. doi: 10.1890/10-1251.1.
436. Pacifici, M. *et al.* (2017) 'Species' traits influenced their response to recent climate change', *Nature Climate Change*, 7(3), pp. 205-208. doi: 10.1038/nclimate3223.
437. Parmesan, C. and Yohe, G. (2003) 'A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems', *Nature*. doi: 10.1038/nature01286.
438. Phillips, S. J. and Dudík, M. (2008) 'Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation', *Ecography*, 31(2), pp. 161-175. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.
439. Pilotto, F. *et al.* (2020) 'Meta-analysis of multidecadal biodiversity trends in Europe', *Nature Communications*, 11(1). doi: 10.1038/s41467-020-17171-y.
440. Platts, P. J. *et al.* (2014) 'Conservation implications of omitting narrow-ranging taxa from species distribution models, now and in the future', *Diversity and Distributions*, 20(11), pp. 1307-1320. doi: 10.1111/ddi.12244.
441. Pörtner, H. O. *et al.* (2021) *Biodiversity and climate change, IPBS and IPCC*. doi: 10.5281/zenodo.4782538.IPBS.

442. Pottier, J. *et al.* (2014) 'Modelling plant species distribution in alpine grasslands using airborne imaging spectroscopy.', *Biology letters*, 10(7), p. 20140347. doi: 10.1098/rsbl.2014.0347.
443. Raes, N. *et al.* (2009) 'Botanical richness and endemism patterns of Borneo derived from species distribution models', *Ecography*, 32(1), pp. 180-192. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05800.x>.
444. Riordan, E. C. and Rundel, P. W. (2009) 'Modelling the distribution of a threatened habitat: the California sage scrub', *Journal of Biogeography*, 36(11), pp. 2176-2188. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02151.x>.
445. Taugourdeau, S. *et al.* (2014) 'Filling the gap in functional trait databases: Use of ecological hypotheses to replace missing data', *Ecology and Evolution*, 4(7), pp. 944-958. doi: 10.1002/ece3.989.
446. Thomas, C. D. *et al.* (2004) 'Extinction risk from climate change', *Nature*, 427(6970), pp. 145-148. doi: 10.1038/nature02121.
447. Thuiller, W. (2004) 'Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change', *Global Change Biology*, 10(12), pp. 2020-2027. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00859.x>.
448. Thuiller, W. *et al.* (2009) 'BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions', *Ecography*, 32(3), pp. 369-373. doi: 10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x.
449. Warren, R *et al.* (2013) 'Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss', *Nature Climate Change*, 3(7), pp. 678-682. doi: 10.1038/nclimate1887.
450. Warren, R. *et al.* (2013) 'The AVOID programme's new simulations of the global benefits of stringent climate change mitigation', *Climatic Change*, 120(1-2), pp. 55-70. doi: 10.1007/s10584-013-0814-4.
451. Watson, J. E. M., Iwamura, T. and Butt, N. (2013) 'Mapping vulnerability and conservation adaptation strategies under climate change', *Nature Climate Change*, 3(11), pp. 989-994. doi: 10.1038/nclimate2007.
452. Wheatley, C. J. *et al.* (2017) 'Climate change vulnerability for species—Assessing the assessments', *Global Change Biology*, 23(9), pp. 3704-3715. doi: 10.1111/gcb.13759.
453. Willis, S. G. *et al.* (2015) 'Integrating climate change vulnerability assessments from species distribution models and trait-based approaches', *Biological Conservation*, 190, pp. 167-

178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.001>.

454. Allouche, O., Tsoar, A. and Kadmon, R. (2006) "Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS)," *Journal of Applied Ecology*, 43(6), pp. 1223-1232. doi: 10.1111/J.1365-2664.2006.01214.X.

455. Anderson, R. P. *et al.* (2011) "Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)," *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. doi: 10.1515/9781400840670.

456. Bilsborrow, Richard E and Bilsborrow, R E (1992) "Population growth, internal migration, and environmental degradation in rural areas of developing countries," *European Journal of Population / Revue européenne de Démographie* 1992 8:2, 8(2), pp. 125-148. doi: 10.1007/BF01797549.

457. Blaikie, P. M. and Brookfield, H. C. (no date) "Land degradation and society."

458. Boserup, E. and Chambers, R. (1965) "Las condiciones del crecimiento agrícola La economía del cambio agrario bajo la presión demográfica," 148, pp. 148-162. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315070360/conditions-agricultural-growth-ester-boserup-robert-chambers> (Accessed: February 14, 2022).

459. Brouwer, F. M., Thomas, A. J. and Chadwick, M. J. (1991) "Land Use Changes in Europe : Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns," p. 529.

460. Ehrlich, P. R. and Ehrlich, A. H. (1990) "The population explosion," p. 320.

461. Ehrlich, P. R. and Holdren, J. P. (1971) "Impact of Population Growth," *New Series*, 171(3977), pp. 1212-1217.

462. Elith, J. *et al.* (2006) "Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data," *Ecography*, 29(2), pp. 129-151. doi: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.

463. *ES-DOC - Viewer* (no date). Available at: <https://view.esdoc.org/?renderMethod=id&project=cmip6&id=82d9ecf8-2f80-4e6b-944b-072107d1d16b&version=1&client=esdoc-search> (Accessed: February 14, 2022).

464. Eyring, V. *et al.* (2016) "Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization," *Geoscientific Model Development*, 9(5), pp. 1937-1958. doi: 10.5194/GMD-9-1937-2016.

465. Fick, S. E. and Hijmans, R. J. (2017) "WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas," *International Journal of Climatology*, 37(12), pp. 4302-4315. doi: 10.1002/JOC.5086.

466. Franklin, J. and Miller, J. A. (2010) "Mapping species distributions: Spatial inference and prediction," *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*, pp. 1-320. doi: 10.1017/CBO9780511810602.
467. Hemsing, L. O. and Bryn, A. (2012) "Three methods for modelling potential natural vegetation (PNV) compared: A methodological case study from south-central Norway," <http://dx.doi.org/10.1080/00291951.2011.644321>, 66(1), pp. 11-29. doi: 10.1080/00291951.2011.644321.
468. Hengl, T. *et al.* (2018) "Global mapping of potential natural vegetation: An assessment of machine learning algorithms for estimating land potential," *PeerJ*, 2018(8), p. e5457. doi: 10.7717/PEERJ.5457/FIG-16.
469. Hijmans, R. J. *et al.* (2005) "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas," *International Journal of Climatology*, 25(15), pp. 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276.
470. Jones, B. and O'Neill, B. C. (2016) "Spatially explicit global population scenarios consistent with the Shared Socioeconomic Pathways," *Environmental Research Letters*, 11(8), p. 084003. doi: 10.1088/1748-9326/11/8/084003.
471. Levvasseur, G. *et al.* (2012) "Statistical modelling of a new global potential vegetation distribution," *Environmental Research Letters*, 7(4). doi: 10.1088/1748-9326/7/4/044019.
472. Marchant, R. *et al.* (2009) "Pollen-based biome reconstructions for Latin America at 0, 6000 and 18 000 radiocarbon years ago," *Climate of the Past*, 5(4), pp. 725-767. doi: 10.5194/CP-5-725-2009.
473. Meyer, W. B. and Turner, B. L. (2003) "Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change," <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.000351>, 23(1), pp. 39-61. doi: 10.1146/ANNUREV.ES.23.110192.000351.
474. Naimi, B. and Araújo, M. B. (2016) "sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling," *Ecography*, 39(4), pp. 368-375. doi: 10.1111/ECOG.01881.
475. Pearce, D. *et al.* (1992) "World Economy, World Environment," *World Economy*, 15(3), pp. 295-314. doi: 10.1111/J.1467-9701.1992.TB00519.X.
476. *Relating Land Use & Global Land-Cover Change* (no date). Available at: <http://www.ciesin.org/docs/002-105/002-105.html> (Accessed: February 14, 2022).

477. Riahi, K. *et al.* (2017) "The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview," *Global Environmental Change*, 42, pp. 153-168. doi: 10.1016/J.GLOENVCHA.2016.05.009.
478. Saunders, D. A., Hobbs, R. J. and Margules, C. R. (1991) "Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review," *Conservation Biology*, 5(1), pp. 18-32. doi: 10.1111/J.1523-1739.1991.TB00384.X.
479. Schimel, D. S., Kittel, T. G. F. and Parton, W. J. (1991) "Terrestrial biogeochemical cycles: global interactions with the atmosphere and hydrology," *Tellus, Series A-B*, 43 A-B(4), pp. 188-203. doi: 10.3402/TELLUSB.V43I4.15408.
480. Schimel, D. S., Kittel, T. G. F. and Parton, W. J. (2016) "Terrestrial biogeochemical cycles: global interactions with the atmosphere and hydrology," <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v43i4.11948>, 43(4), pp. 188-203. doi: 10.3402/TELLUSA.V43I4.11948.
481. Stern, P. *et al.* (1999) "A Value-Belief-Norm Theory of Support for Social Movements: The Case of Environmentalism," *Human Ecology Review*, 6(2). Available at: https://cedar.wvu.edu/hcop_facpubs/1 (Accessed: February 14, 2022).
482. Tatebe, H. *et al.* (2019) "Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6," *Geoscientific Model Development*, 12(7), pp. 2727-2765. doi: 10.5194/GMD-12-2727-2019.
483. Tian, H. *et al.* (2016) "The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere," *Nature*, 531(7593), pp. 225-228. doi: 10.1038/NATURE16946.
484. Turner, M. G. (2003) "Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process," <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001131>, pp. 171-197. doi: 10.1146/ANNUREV.ES.20.110189.001131.
485. Verheye, W. (2007) "Soils and soil sciences," *Land use, land cover and soil sciences*. Available at: <http://hdl.handle.net/1854/LU-1007112> (Accessed: February 14, 2022).
- 486.
487. ANM, 2008. Clima României. Academia Română, București.
488. Birsan, M.-V., Dumitrescu, A., 2014. ROCADA: Romanian daily gridded climatic dataset (1961-2013) V1.0. Suppl. to Dumitrescu, Alexandru; Birsan, Marius-Victor ROCADA a gridded Dly. Clim. dataset over Rom. nine Meteorol. Var. Nat. Hazards, 78(2), 1045-1063, <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1757-z>. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.833627>

489. Cheval, S., Dumitrescu, A., Adamescu, M., Cazacu, C., 2020. Identifying climate change hotspots relevant for ecosystems in Romania . *Clim. Res.* 80, 165-173.
490. Cheval, S., Dumitrescu, A., Birsan, M.-V., 2017. Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961-2050. *CATENA* 151, 74-86.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.029>
491. Cornes, R.C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E.J.M., Jones, P.D., 2018. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *J. Geophys. Res. Atmos.* 123, 9391-9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
492. Croitoru, A.-E., Piticar, A., Imbroane, A.M., Burada, D.C., 2013. Spatiotemporal distribution of aridity indices based on temperature and precipitation in the extra-Carpathian regions of Romania. *Theor. Appl. Climatol.* 112, 597-607. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0755-2>
493. de Martonne, E., 1926. L'indice d'aridité. *Bull. Assoc. Geogr. Fr.* 9, 3-5.
494. Dumitrescu, A., Birsan, M.-V., 2015. ROCADA: a gridded daily climatic dataset over Romania (1961-2013) for nine meteorological variables. *Nat. Hazards* 78, 1045-1063.
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-1757-z>
495. ECAD, 2020. E-OBS [WWW Document]. URL https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php
496. ECMWF, 2021a. Downscaled bioclimatic indicators for selected regions from 1979 to 2018 derived from reanalysis [WWW Document]. <https://doi.org/10.24381/cds.fe90a594>
497. ECMWF, 2021b. CMIP6 climate projections [WWW Document]. URL <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cmip6?tab=overview>
498. ECMWF, 2021c. CORDEX regional climate model data on single levels [WWW Document]. URL <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-cordex-domains-single-levels?tab=overview>
499. ECMWF, 2021d. Downscaled bioclimatic indicators for selected regions from 1950 to 2100 derived from climate projections [WWW Document]. <https://doi.org/10.24381/cds.0ab27596>
500. Hargreaves, G., Samani, Z., 1982. Estimating Potential Evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. Div.* 108, 225-230. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001390>

501. Hutchinson, G.K., Richards, K., Risk, W.H., 2000. Aspects of accumulated heat patterns (growing-degree days) and pasture growth in Southland. Proc. New Zeal. Grassl. Assoc. 62, 81-85. <https://doi.org/10.33584/jnzg.2000.62.2396>
502. Kapos, V., Scharlemann, B., Campbell, J.P.W., Chenery, A., Dickson, A., 2008. Impacts of Climate Change on Biodiversity. A review of the recent scientific literature. UNEP World Conservation Monitoring Centre.
503. McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agric. For. Meteorol. 87, 291-300. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(97\)00027-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-1923(97)00027-0)
504. Muñoz Sabater, J., 2019. ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Clim. Chang. Serv. Clim. Data Store (CDS). <https://doi.org/doi:10.24381/cds.68d2bb30>
505. Noce, S., Caporaso, L., Santini, M., 2020. A new global dataset of bioclimatic indicators. Sci. Data 7, 398. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00726-5>
506. O'Donnell, M.S., Ignizio, D.A., 2012. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous, United States: U.S. Geological Survey, Data Series 691.
507. Peaucelle, M., Janssens, I.A., Stocker, B.D., Descals Ferrando, A., Fu, Y.H., Molowny-Horas, R., Ciais, P., Peñuelas, J., 2019. Spatial variance of spring phenology in temperate deciduous forests is constrained by background climatic conditions. Nat. Commun. 10, 5388. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13365-1>
508. Pravalie, R., Sîrodoev, I., Peptenatu, D., 2014. Detecting climate change effects on forest ecosystems in Southwestern Romania using Landsat TM NDVI data. J. Geogr. Sci. 24, 815-832. <https://doi.org/10.1007/s11442-014-1122-2>
509. Thornthwaite, C., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev. 38, 55-94.
510. UNEP, 1997. World atlas of desertification. United Nations Environ. Program